VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

АКАДЕМИЯ НАУК СОЮЗА ССР

КЛАССИКИ НАУКИ



А. С. ФАМИНЦЫН

ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ В РАСТЕНИЯХ

Под редакцией
академика А. Л. КУРСАНОВА

Издание подготовил
профессор А. Ф. КЛЕШНИН



МОСКВА «НАУКА» 1989

УДК 57(09) : 581.1

СЕРИЯ «КЛАССИКИ НАУКИ»

Серия основана академиком *С. И. Вавиловым*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А. А. Баев (председатель)
И. Е. Дзялошинский, А. Ю. Ишлинский, С. П. Капица, И. Л. Кнунянц,
А. Н. Колмогоров, С. Р. Микулинский, Д. В. Ознобишин (ученый секретарь),
Л. С. Полак, Я. А. Смородинский, А. С. Спирин,
И. Т. Фролов (заместитель председателя), *А. Н. Шамин, И. Р. Шафаревич,*
А. Л. Яншин

Становление физиологии растений в нашей стране связано с деятельностью А. С. Фаминцына (1835—1918). Книга ученого — первая монография по физиологии растений, вышедшая в 1883 г. С нее начинаются отечественная физиология и биохимия растений. Она вошла в историю науки как классический образец обобщения чрезвычайно сложного материала на важном, переломном этапе развития биологии. Основная идея монографии — единство биохимических процессов растительного и животного мира.

Рассчитана на физиологов, биохимиков, историков науки.

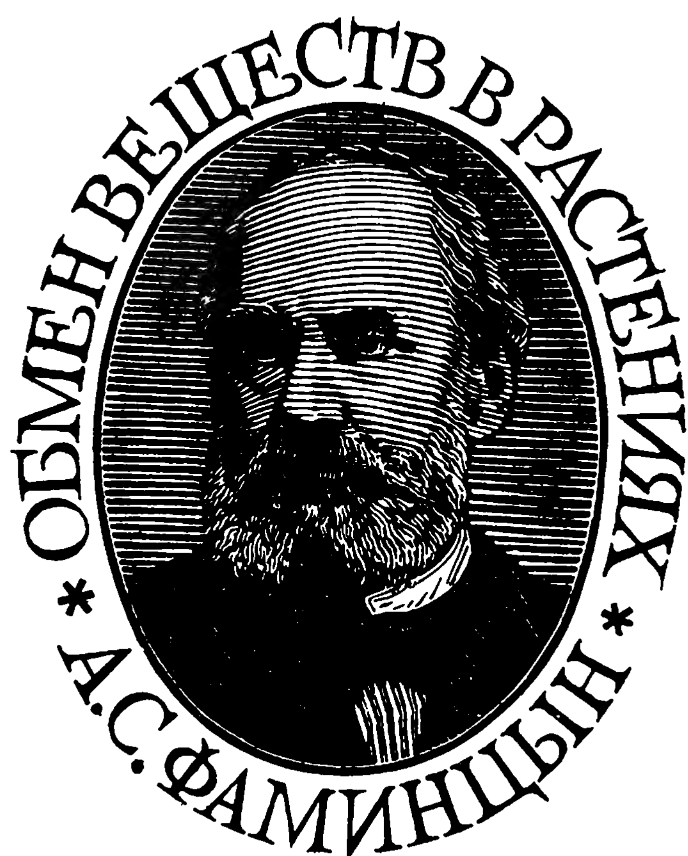
Рецензенты:

Р. Г. Бутенко, Э. Н. Мирзоян

Ф $\frac{1903010000\text{-}167}{055(02)\text{-}89}$ 456-89, кн. 2

© Издательство «Наука», 1989

ISBN 5—02—004001—0


ОБМЕН ВЕЩЕСТВ В РАСТЕНИЯХ
* А.С.ФАМИНЦЫН *

ОТ РЕДАКТОРА

В 1983 г. исполнилось 100 лет со дня выхода в свет первой русской монографии по физиологии растений — книги А. С. Фаминцына «Обмен веществ и превращение энергии в растениях», над которой автор работал более 10 лет. Позднее материалы этого издания легли в основу «Учебника физиологии растений» (1887), который в свою очередь послужил прототипом дя всех последующих учебных курсов этой области науки.

Монография А. С. Фаминцына возникла не на пустом месте. К этому времени — второй половине XIX столетия — физиология растений вступила в зрелый период своего развития. Выделились и оформились почти все разделы современной фитофизиологии: водный режим, минеральное питание, фотосинтез, дыхание, рост и движение растений. Не было лишь самостоятельных разделов физиологии развития, физиологии устойчивости и учения о гормонах, которые сложились значительно позднее. Установилась терминология основных физиологических понятий. Наметились и главные методы и подходы исследования: физический (Hales, 1735), химический (Saussure, 1804) и сравнительно-исторический (Dumas et Boussingault, 1844). Выделились в самостоятельные науки агрохимия (Liebig, 1840; Boussingault, 1860—1874), микробиология (Pasteur, 1875, 1876), биохимия (Hoppe-Seyler, 1877; Claude Bernard, 1878); последняя первоначально так и называлась — физиологическая химия. Появляются первые физиологические журналы («Zeitschrift für Physiologische Chemie», 1877), первые учебники (Unger, 1855; Sachs, 1865; Hoppe-Seyler, 1878; Hartig, 1878; Pfeffer, 1881), первые монографии, посвященные отдельным вопросам физиологии растений. А. С. Фаминцын в своем исследовании цитирует около 30 монографических изданий, большинство которых вышло на немецком и французском языках.

В монографии А. С. Фаминцына обобщена почти вся физиологическая и биохимическая литература того времени — около 1000 периодических и монографических исследований примерно 500 авторов. Интересна география этих работ, несомненно отражающая состояние физиологии растений в отдельных странах. На долю немецких авторов (Германия, Австрия, Швейцария) приходится большинство публикаций (60%); доля работ на французском языке (Франция, Бельгия, Швейцария) составляет 25%; русским авторам принадлежит 10%; остальные 5% приходятся на долю голландских, итальянских, английских и американских авторов.

Монография А. С. Фаминцына отражает уровень развития физиологии растений как науки на тот период, когда она была написана. В настоящее время мы можем сказать, что не все изложенное в ней дошло до наших дней. Кое-что было неверно, кое-что сейчас уже устарело, кое-

что было утеряно и возрождается вновь в наши дни, многое просто было неведомо физиологам тех дней. Современный фитофизиолог легко разберется во всем этом.

В основе монографии лежит идея о биохимическом единстве всего органического мира — растений, животных, грибов. В своем исследовании, посвященном чисто физиологической проблеме, Фаминцын не говорит о единстве происхождения растительных и животных организмов. Однако, принимая во внимание материалистическое мировоззрение автора, его дарвинистские взгляды на эволюцию растений и животных, это совершенно очевидно. В монографии рассматривается история проблемы, ее развитие и приводится огромный фактический материал (на примере растительных организмов) в пользу единства обменных процессов во всем органическом мире.

А. С. Фаминцын чрезвычайно осторожен и скуп на обобщения, приводя всякий раз солидные экспериментальные обоснования. Однако многие идеи, которые он высказывает или развивает, живут и в наши дни. Более того, они успешно развиваются. Таково учение о связи роста и дыхания, проблема светового дыхания, вопрос о генетической связи брожения, анаэробного и аэробного дыхания, выделение в особую группу по характеру фотосинтетического газообмена растений Crassulaceae и многое другое.

За истекшие 100 лет физиология растений изменилась радикально. Возникли новые разделы и направления. Установлены биохимические механизмы многих физиологических процессов. В основу изучения процессов легли единые законы термодинамики. Происходит медленное, но неуклонное взаимопроникновение и взаимовлияние наук, до сих пор шедших параллельными, но относительно самостоятельными курсами: физиологии растений, биохимии, генетики, молекулярной биологии, кибернетики и учения об информации.

Одновременно идет непрерывный процесс забвения истории физиологии растений, ее возникновения, становления и последовательного развития. Это явление особенно заметно среди молодых исследователей, которые часто не знают ни прошлого нашей науки, ни вклада в нее великих физиологов старого времени.

Выход в свет монографии А. С. Фаминцына поможет и в этом. На фоне прошлого ярче выглядит настоящее. Без прошлого не может быть настоящего.

Академик *А. Л. Курсанов*

ПРЕДИСЛОВИЕ

При составлении предлагаемого труда я имел в виду главным образом две цели: 1) представить обзор наших знаний о питании растений, по возможности полный с фактической стороны, и 2) изложить питание растений сравнительно с питанием животных. Труд мой отличается двумя особенностями. Процессы питания растений рассмотрены в нем с общей биологической точки зрения; сообразно с этим процессам метаморфоза веществ, общим растениям и животным, придано мною первенствующее значение. Процессы ассимиляции, напротив того, несмотря на количественное преобладание их сравнительно с первыми в растениях и на громадную их важность для поддержания органической жизни на поверхности Земли, поставлены на второй план.

Я старался по возможности полно представить фактическую часть, касаясь только вкратце теоретических соображений, в противоположность большинству немецких авторов, которые уделяют первое место субъективным теоретическим воззрениям, делая это часто в ущерб выяснению фактической стороны. Мне нередко случалось при чтении подобных произведений испытывать желание увидеть напечатанным крупным шрифтом то, что изображено петитом, и наоборот. Отдавая полную дань уважения трудам немецких ученых, я обращаю внимание еще на одну поправку, сделанную мною в изложении питания растений: я выставил гораздо рельефнее участие русских ученых в разработке данной отрасли знания, чем это делают Сакс и его школа, и надеюсь, что мне удалось при возможно беспристрастном и объективном отношении к делу показать, что русские ученые значительно содействовали разработке питания растений.

С особенным удовольствием заявляю искреннюю признательность многоуважаемому товарищу моему, академику *Бутлерову*, за драгоценные советы, которыми он неоднократно содействовал выполнению этой работы.

ВВЕДЕНИЕ

Обмен веществ и превращение энергии составляют одну из главнейших функций всякого живого существа; с нею неразрывно связаны все жизненные отправления как в животном, так и растительном организме.

Пока растение или животное живо, оно перерабатывает принятую пищу сообразно своим потребностям и строит из нее свое тело: клетки, ткани и органы, столь же своеобразные по форме, как и по строению.

С прекращением жизни химические превращения принимают совершенно иной характер, вместе с тем животные и растения разрушаются, переходят в разложение и постепенно сгнивают.

Жизнь живых существ не переводится на земной поверхности, несмотря на неизбежную смерть каждого отдельного неделимого, так как все животные и растения, достигнув известного возраста, производят новых неделимых. Последние, отделившись от организма матери, сызнова пробегают весь цикл развития и, в свою очередь, упрочивают дальнейшее существование формы произведением нового поколения. При этом в каждом последующем поколении воспроизводится образ, тождественный с организмом, его произведшим, не только по форме, но и по строению, так что нередко по незначительному кусочку удается определить форму, к которой он принадлежит.

По микроскопической щепочке древесины можно, например, отличить хвойные породы от остальных; нередко по одной плодотворной пылинке удается определить растение, которому она принадлежит.

На приобретенной уверенности в постоянстве и строгой подчиненности образовательных процессов организмов определенным и неизменным законам зиждется целая отрасль человеческих знаний — палеонтология, одна из главных задач которой состоит в реставрации полной картины отжившей флоры и фауны по уцелевшим в земной коре остаткам исчезнувших уже с лица Земли животных и растений.

Общепринятое обозначение живых существ названием организмов достаточно ясно свидетельствует, что они представляют совокупность общих признаков, отличающих их от остальной, так называемой мертвой природы.

С другой стороны, различия в организации растений и животных столь очевидны, что с первого взгляда может даже показаться невозможным существование аналогий в главнейших жизненных отправлениях, каковы, например, питание, дыхание и размножение, в особенности если иметь в виду высших представителей обоих царств. В самом деле, животные и человек обладают способностью не только произвольного движения, но и мышления, которых нет у высших растений. В животных

и человеке мы находим под оболочкою тела различные резко обособленные и легко распознаваемые органы; ничего подобного при вскрытии растений не оказывается; только при помощи микроскопа удается отличить внутри растения различные части, и притом не органы, а только ткани. Животное обречено на отыскивание пищи и нередко принуждено добывать ее с опасностью для жизни; растение, неподвижно прикрепленное к почве, находит готовый запас пищи в почве и атмосфере. В растениях нет, наконец, обособленных органов дыхания (легких или жабр), присущих всем высшим животным.

Между тем, несмотря на эти существенные различия, в науке все более и более укореняется воззрение, что основные начала жизни животных и растений общи и сходны и что главнейшие функции их жизни при более глубоком и внимательном изучении представляют чрезвычайно много аналогичного.

Первым импульсом к разысканию сходства в жизненных отправлениях животных и растений послужили результаты расследования жизни простейших организмов. Этими расследованиями был нанесен решительный удар господствовавшему прежде мнению о существовании резкой границы между животными и растениями.

По мере того как все предлагаемые характерные признаки для отличия представителей обоих царств один за другим опровергались, оказываясь несостоятельными, познания наши в этой области возрастали, и, наконец, удалось найти ряд новых фактов, совершенно несовместимых с представлением о существовании резкой границы между животными и растениями. Пока ученые ограничивались лишь описанием строения и формы микроскопических существ, отнесение наблюдаемого организма к тому или другому царству определялось субъективным чувством наблюдателя; но положение вопроса изменилось с того времени, как начали изучать историю развития этих простейших представителей жизни на земной поверхности.

В цикле развития большей части этих существ удалось открыть две совершенно различные стадии: в одной из них организм состоит из голой плазмы, движется и обладает совокупностью признаков животного организма; в другой — остается неподвижным, плазма его оказывается окруженной оболочкою; организм живет и питается как высшие представители растительного царства. Эти две стадии столь различны, что наблюдатели, ограничивавшиеся только описанием формы исследуемых под микроскопом организмов, относили нередко один и тот же организм в растительное или животное царство, смотря по случайно попадавшейся им стадии развития.

Первые наблюдения над переходом простейших организмов из неподвижного состояния в подвижное принадлежат *Унгеру*. Наблюдая одноклеточную водоросль Vaucheria, он заметил, что некоторые из концов ее зеленой нити отгораживались от остальной полости клетки поперечной перегородкой и вслед за тем выпускали в воду заключенное в них содержимое. Высвободившись из клетки через узкое отверстие оболочки, содержимое немедленно округлялось и начинало быстро двигаться

в воде в виде темно-зеленого шара; передвижения шара были столь быстры, что только с трудом удавалось удерживать его в поле зрения микроскопа. Они вызывались сплошным слоем мелких ресничек, которые покрывали шар, и движением своим приводили шар (зооспору) в быстрое вращение. Отсутствие целлюлозной перепонки, присутствие ресничек, быстрое и разнообразное движение несомненно свидетельствовали о преобладании в этой стадии развития Vaucheria признаков животной жизни. Пораженный открытой метаморфозой, *Унгер* описал ее в особой статье, которую озаглавил «Растение в момент превращения в животное».

После нескольких часов движения зооспора Vaucheria останавливается, теряет реснички и высачивает по всей поверхности сплошную целлюлозную перепонку. Затем пускает отроги и разрастается кверху в ветвистую зеленую нить, книзу дает бесцветные отроги, которыми она, наподобие корней, присасывается к посторонним предметам.

Подобные превращения известны в настоящее время относительно весьма многих простейших организмов и составляют одну из наиболее характерных их особенностей.

Гораздо больше трудностей представляет отыскивание аналогий между высшими, наиболее типичными представителями обоих царств. Тем не менее и в этом направлении удалось уже сделать несколько очень интересных сближений. Первые строго научные указания принадлежат *Шванну*; он первый описал клетку как элементарный орган, положенный в основу организации животных и растений и сходный в обоих царствах.

Исследования последнего времени значительно изменили понятие о строении клетки, но в то же время не только не поколебали учения *Шванна*, но подкрепили его новыми доказательствами: незамеченное прежде строение плазмы из зерен и палочек, а равно и чрезвычайно сложное строение и изменения, обнаруженные в ядре при его делении, оказались настолько сходными в клетках животных и растений, что иногда невозможно различить на препаратах молодые клетки животных и растительных тканей.

Первые указания на аналогии физиологических функций растений с животными относятся до полового размножения; существование полов у растений, открытое *Линнеем* и положенное им в основу искусственной системы, в настоящее время находится вне сомнения. Особенно ценные данные получились из разысканий над споровыми растениями; открытие у них половых органов размножения: антеридий с подвижными семенными телами и архегоний (оогоний) с основной, оплодотворяемой клеткой, а также возможность проследить у них половой акт на цельном живом растении под микроскопом дали возможность вполне выяснить этот процесс и убедиться в тождестве его до мельчайших деталей с соответствующим процессом животных организмов.

Столь же точную и определенную аналогию удается установить в настоящее время между растениями и животными по отношению к двум другим главнейшим жизненным функциям — к дыханию и питанию. Изложение этих процессов в растениях и проведение параллели между

ними и соответствующими отправлениями животных составляют одну из главных задач моего труда.

Сообразно с этим взглядом я придаю первенствующее значение процессам питания — общим в растениях и животных. Всякому известно, что животные питаются на счет органических соединений, приготовляемых растениями; они поедают или непосредственно растения, или же других животных, которые питаются растительной пищей, т. е., другими словами, строят свое тело из органических соединений, заранее приготовленных растениями. Исследования последнего времени показали, что, подобно животным, растения нуждаются в готовых органических соединениях для построения клеток, тканей и органов.

Существенное различие в питании их от животных заключается лишь в том, что, за немногими исключениями, растения сами вырабатывают необходимые органические соединения из неорганических и могут развиваться совершенно нормально при посредстве немногих минеральных солей, воды и углекислоты, между тем как животные лишены этой способности.

Выработанные растением органические соединения переносятся по его тканям в места новообразований и служат пластическим материалом при их построении; происходящие при этом химические процессы в наиболее существенных чертах сходны с соответствующими реакциями в животных.

Независимо от того, относится ли организм к животному или растительному царству, требуемый пластический материал оказался составленным из белковых тел, жиров и углеводов; переработка его сопровождается всегда поглощением кислорода (дыханием) и сжиганием части пищи в воду и углекислоту; при этом выделяется тепловая энергия, которая или целиком потребляется организмом, или образуется в избытке и в этом случае может быть указана термометром.

Этими признаками резко отличаются химические реакции, сопровождающие построение организованных образований, от реакций синтеза органических соединений, в особенности от наиболее своеобразной из них — переработки углекислоты и воды в углеводы, которая неразрывно связана с поглощением световой энергии и с выделением кислорода в газообразном состоянии.

Предлагаемый труд представляет изложение питания растений с общей биологической точки зрения и состоит из четырех глав и заключения.

В первой главе собраны наиболее интересные факты касательно химического состава растений. Вначале помещен перечень органических соединений, найденных в растениях; в состав его вошли исключительно соединения с определенным химическим строением и притом только такие, относительно которых доказано, что они найдены в растениях готовыми и не принадлежат к продуктам распадения составных частей растения, получаемых при обработке его реактивами.

Соединения органические распределены в группы сообразно их сходству. В конце перечня приведены группы тел малорасследованных, но

более или менее важных для жизни растений: алкалоиды, белковые тела, пектиновые, красящие и горькие вещества, из которых четыре последние группы соединены в одну под названием индифферентные тела. Только наиболее известные из них включены мною в перечень. При этом считаю нужным прибавить, что, составляя перечень, я имел лишь в виду представить в систематическом порядке главнейшие из составных частей растений, оставляя совершенно в стороне перечисление всех растений, в которых приведенные соединения были до сих пор найдены.

За перечнем следует описание микрохимических реакций и добытые при посредстве их указания относительно распределения органических соединений внутри растительной клетки и по органам растений. Наконец, собраны наиболее интересные данные касательно состава золы и распределения ее по органам и тканям растений.

Во второй главе изложены химические процессы, сопровождающие построение организованных образований (клеток, тканей, органов) из органических соединений или так называемого пластического материала.

В этой главе, озаглавленной «Питание растений органическими соединениями», прежде всего помещены исследования над прорастанием растений, когда все молодое растеньице разрастается главным образом на счет органических соединений, отложенных в семени. Затем следует питание: 1) листоносных побегов; 2) почек; 3) цветов; 4) плодов; 5) ствола; 6) ветвей и 7) корня на счет пластического материала, приготовляемого самим растением при посредстве света и переносимого в нарастающие части; кроме того, 8) питание насекомоядных растений насекомыми, равно и 9) питание паразитов и сапрофитов. Наконец, вслед за химическими метаморфозами пластического материала помещены расследования над сопровождающим их обменом газов между растением и атмосферой, т. е. над поглощением кислорода и выделением углекислоты растением. Обмен этот, обозначаемый названием дыхания, оказался столь же необходимым для жизни растений, как и животных.

Предмет третьей главы составляет синтез органических соединений. Сперва излагается синтез, свойственный хлорофиллоносным растениям, которые могут вырабатывать все необходимые органические соединения из смеси немногих минеральных солей, углекислоты и воды; затем синтез в растениях, лишенных хлорофилла, названный в отличие от первого синтезом неполным, так как не содержащие хлорофилла растения требуют для своего развития, кроме минеральных солей и воды, еще одного из тройных углеродистых соединений, построенного из углерода, кислорода и водорода.

В четвертой главе помещены расследования над обменом веществ растений с окружающей средой и над передвижением газообразных, жидких и твердых тел внутри растения.

В заключение я поместил краткий очерк работ, имевших целью проведение аналогии между питанием растений и животных, и закончил статью сравнением питания представителей обоих царств.

Глава первая

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ

Из 65 элементов удалось найти в растениях следующие 35: кислород водород, углерод, азот, серу, фосфор, хлор, бром, йод, фтор, бор, кремний, калий, натрий, литий, рубидий, талий, кальций, магний, барий, стронций, алюминий, железо, кобальт, никель, цинк, марганец, олово, селен, титан, медь, свинец, мышьяк, серебро и ртуть.

Наиболее распространенными в растительном царстве оказались первые четыре: углерод, кислород, водород и азот. В настоящее время не известно ни одной живой клетки, в которой недоставало бы одного из этих четырех элементов; их и называют поэтому *органогенами*, а соединения, которые они образуют между собою, обозначают названием органических. По *Кнопу*[1], последние составляют средним числом 95% сухого вещества растений, так что на долю остальных 31 элемента приходится, следовательно, всего только около 5%.

«Если представить себе,— говорит *Кноп*[2],— все растения высушенными и истертыми в однообразную массу (за исключением лишь малоисследованного класса грибов), то получили бы смесь, заключающую 45% углерода, 42% кислорода, 6,5% водорода, 1,5% азота и 5% золы».

Твердая масса растения, остающаяся по выделении механически задерживаемой воды, оказывается, следовательно, построенной преимущественно из углерода и кислорода, которые вместе взятые составляют средним числом $^{9}/_{10}$ веса всего сухого вещества растения.

Из остальных элементов сера, фосфор, хлор (?), кальций, калий, магний и железо находятся в большей или меньшей мере во всех исследованных растениях, поэтому, несмотря на сравнительное незначительное содержание, они признаются столь же необходимыми для растений, как органогены.

Меньшее значение в жизни растений придают кремнию, йоду, брому, натрию, алюминию и марганцу, так как они входят в состав только некоторых растений. К наиболее редким относятся бор, литий, рубидий, талий, барий, стронций, кобальт, никель, цинк, олово, селен, титан, медь, свинец, мышьяк, серебро и ртуть. Насколько эти элементы, встречаемые только в немногих растениях, необходимы для их развития, остается пока вопросом открытым.

При исследовании химического состава растений прежде всего определяют: 1) количество воды, механически задерживаемой растением;

---

[1] *Knop*. Agriculturchemie, p. 327.
[2] Ibid. P. 328.

2) количество органических соединений и 3) минеральных составных частей.

Содержание воды находят, высушивая растение при 100° С до тех пор, пока в двух последовательных взвешиваниях вес его не окажется одинаковым; разность в весе свежего растения и высушенного при 100° С дает количество заключенной в нем воды. Содержание органических и минеральных соединений определяют, подвергая высушенное растение сжиганию; в остатке получаются одни несгораемые составные части, так называемая зола растений; из разности веса, взятого для сжигания сухого вещества и золы, заключают о количестве органических соединений. Для достижения полного сгорания предварительно обугливают растение в закрытом тигле, а затем сжигают при возможно большем доступе кислорода.

Содержание воды, органических соединений и золы у разных растений весьма различное; разница получается еще бóльшая при исследовании отдельных органов. Следующие примеры могут служить пояснением сказанному: маслянистые семена заключают от 10 до 12% воды, мучнистые семена злаков и бобовых растений около 14%; в сочных плодах, корнях и луковицах количество ее колеблется между 75 и 90%, в молодых желтых листьях Lactuca доходит до 98% [3].

Не меньшим колебаниям подвергается и отношение органических соединений и золы в сухом веществе растений. Вместо среднего количества в 5% золы у Dendrobium pulchellum Roxb. оно достигает 15%, у Oncidium lanceanum Lindl.— до 16,4%; в Carludovica subacaulis — до 15,7% [4]. *Ботом* [5] нашел в Salicornia herbacea L. 30% золы, *Хорнбергер* — в семенах Lithospermum officinale L. около 42% нечистой и 29,30% чистой золы. Senecio vulgaris L. содержит 12,6%; Tussilago Farfara L. — 16%; Scleranthus annuus L. — до 17,2%; Senecio Jacobaea — до 23,5%; Equisetum Telmateja Ehrb.— до 27% золы; Xanthium spinosum L. — от 18 до 20%. Из споровых растений: у Hypnum fluitans L. найдено до 27% золы; у различных видов Equisetum *Бракono* [6] нашел от 12 до 24%; у Lycopodium complanatum L. — до 29,34%; к растениям, наиболее богатым золою, принадлежат водоросли: Conferva rivularis находили с 28%; Ulva intestinalis L.— с 40%; Chara vulgaris Kütz — с 39%; Chara hispida L.— с 45%; из морских водорослей: Corallina officinalis L. — с 83% и Halimeda opuntia Kütz — с 96,2% золы.

Дальнейший ход химического анализа растений заключается в возможно обстоятельном расследовании состава сухого вещества как по отношению к органическим соединениям, так и минеральным; на этом основании я и разделю настоящую главу на две части: в состав первой войдут исследования органических соединений, найденных в растениях, в состав второй — разыскания минеральных составных частей.

---

[3] *Knop.* Ib. 330.
[4] *De Luca.* C. R. 53; 244.
[5] *Botom.* Jahr. Agr. Chem. 1875–76.
[6] *Garreau.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 13, 161.

I. ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ В РАСТЕНИЯХ

Из растений удалось извлечь уже довольно значительное число органических соединений. Ввиду большого разнообразия я расположу их в системе по химическому сходству и строению, обозначая при каждом степень распространения в растительном царстве; в прилагаемый список вошли соединения, химическое строение которых уже установлено с некоторой ясностью. Список этот далеко еще не полный; многие из составных частей растений исследованы лишь поверхностно; очень большое число их совершенно неизвестно. Эти неизвестные продукты, обозначаемые при анализе растений общим названием *вытяжных* веществ, нередко составляют десятки процентов по весу твердого вещества. Разнообразие состава растений обусловливает и громадное разнообразие приемов извлечения из них органических соединений. Не имея возможности излагать здесь различные приемы и ход анализа, я ограничусь указанием источников, которые могут служить пособием при разысканиях подобного рода. Первое место между ними принадлежит сочинению *Грандо* «Traité d'analyse de matieres agricoles. Nancy (1878)», переведенному на немецкий язык *Геннебергом*; менее пригодное пособие представляет сочинение *Виттштейна* в немецком переводе *Мюллера* — «Anleitung zur chemischen Analyse d. Pflanzen»; из более старых заслуживает внимание еще книга *Рохледера* «Anleitung zur Analyse d. Pflanzen».

Приведенные ниже данные об органических составных частях растений заимствованы главным образом из следующих сочинений:

Husemann. Pflanzenstoffe. 1870.

Wiesner. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 1873.

Flückiger. Lehbruch der Pharmakognósie des Pflanzenreiches. 1867.

Wigand. Pharmacognosie. 1879.

Ввиду этих указаний опущены ссылки на авторов в каждом частном случае.

А. ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ РАСТЕНИЙ

Углеводороды

Гептан (нормальный; C_7H_{16}) в масле Pinus Sabiniana Dougl.; из предельных углеводородов он один только найден в растениях.

Из непредельных оказались в растениях следующие углеводороды.

Винилбензол, стиролен, или стирол (C_8H_8) — в жидком стираксе Liquidambar orientale Mill.

Метилпропилбензол, или *цимол* ($C_{10}H_{14}$) — в масле римского тмина, т. е. в куминовом масле Cuminum Cyminum L., и в летучих маслах Cicuta virosa L., Thymus vulgaris L., Ptychotis Ajowan DC., Monarda punctata L. и Eucalyptus globulus Sab.

Углеводороды состава $C_{10}H_{16}$ и $C_{10}H_{18}$, называемые терпенами, характерные тем, что весьма сходны между собой, чрезвычайно легко

переходят в изомерные и полимерные соединения и действуют почти все на поляризованный свет. Сюда относятся:

Терпентинное масло — составная часть смолистого вещества (терпентина), вытекающего из различных пород хвойных (Pinus, Abies, Picea, Larix); содержание его в терпентине колеблется между 12 и 32%.

Цитрен [1*] — соединение, преобладающее в эфирном масле кожуры лимона (Citrus medica L. и C. Limonum Riss.).

Изомеры терпентинного масла найдены во многих других эфирных маслах в количестве от 4 до 28%, например в *бергамотовом*, добываемом из кожуры Citrus Bergamia Risso, в *гаултериевом*, получаемом из всех частей, преимущественно же из цветов Gaultheria procumbens L., в *хмелевом* — эфирном масле шишек Humulus lupulus L., в *гвоздичном*, добываемом из цветочных почек и цветочных ножек Caryophyllus aromaticus L., в эфирном масле корня Acorus Calamus L.

Эфирное масло Piper Cubeda Miq. и некоторых других растений заключает полимеры ($C_{15}H_{24}$, $C_{20}H_{32}$ и пр,) терпентинного масла.

К числу этих полимеров, очевидно весьма сложных, относятся **каучук и гуттаперча.**

Соединения эти, близкие по составу к терпенам, добываются из млечного сока различных растений.

Каучук, состав которого выражается эмпирической простейшей формулой C_5H_8, преобладает в млечном соке Ficus elastica L., Siphonia elastica Pers., Siphonia brasiliensis Willd., Hancornia speciosa Gom., Urceola elastica Roxb., Vahea gummifera Par.; каучук выделяется из вытекшего млечного сока на поверхности сперва в виде тонкой пленки, которая, нарастая постепенно в толщину, превращается в твердую массу.

Гуттаперча, извлекаемая из млечного сока Isonandra Gutta Lindl., отличается от каучука тем, что, кроме углеводорода формулы C_5H_8, содержит примесь смолообразных кислородных веществ.

Камфоры

Японская, или *обыкновенная*, *камфора* ($C_{10}H_{16}O$) — в Camphora officinarum Nees. (Laurus Camphora L.); она получается посредством перегонки ветвей и листьев этого дерева с водою.

Тела, изомерные с камфорой, встречаются в эфирных маслах: полынном, мятном, в масле ромашки, галбана и др.

Борнеол, или борнейская камфора ($C_{10}H_{18}O$), образует скопления небольших бесцветных кристаллов в дуплах старых деревьев Dryobalanops Camphora Coolebr. В молодых деревьях камфоры еще не оказывается; ее заменяет эфирное камфорное масло, состоящее, по исследованиям *Пелуза*, главным образом из борнеена ($C_{10}H_{16}$) [2*] с примесью небольшого лишь количества борнеола и 5—6% смолистого вещества.

Гераниол ($C_{10}H_{18}O$) изомер борнеола — в индийском масле герания.

Мятная камфора (ментол; $C_{10}H_{20}O$) — в мятном масле Mentha piperita L. и M. crispa Benth; масло это выделяется желёзками, покрывающи-

ми нижнюю поверхность листа; на верхней поверхности листа железок этих или вовсе не бывает или очень мало.

Эйкалиптол ($C_{12}H_{20}O$) — в листьях Eucalyptus globulus Sab.

Пачульная камфора ($C_{15}H_{28}O$) — в пачульном масле.

Камфора из Ledum palustre L.— преимущественно в эфирном масле, добытом из листьев и верхушек молодых стеблей, собранных во время цветения; корни и старые части стебля содержат в это время едва заметное количество этого масла.

Азарон ($C_8H_{10}O_2$?) — в Asarum Europaeum L., преимущественно в корневище и корнях и в весьма малом количестве в листьях.

В близком сродстве с этими соединениями находятся смолы, которые представляют смеси продуктов окисления терпенов и различных других соединений; ввиду этого я ограничусь приведением только одного примера из смол, именно *еловой смолы,* затвердевающей на коре различных пород ели; подобно другим смолам, она представляет смесь продуктов окисления терпенов; в ней найдена, между прочим, *сильвиновая* (абьетиновая) [3*] кислота.

Алкоголи и ближайшие их производные

Метиловый спирт (CH_4O) найден в виде эфира салициловой кислоты $\left(C_6H_4\begin{cases}CO.OCH_3\\OH\end{cases}\right)$ в эфирном масле Gaultheria procumbens L., которое почти исключительно состоит из этого соединения; подобный же состав имеет, по *Винклеру*, и летучее масло Monotropa hypopitys L. другого представителя сем. Ericaceae. *Гутцейту* [7] удалось найти метиловый спирт частью в свободном состоянии, частью в виде уксусно- и маслянокислого эфиров в плодах зонтичных Heracleum gyganteum Fisch., Pastinaca sativa L., Anthriscus cerefolium Hoffm.; больше всего содержали метилового спирта зрелые плоды; он найден и в Betula lenta L. В виде *метилового эфира аллилфенола* ($C_{10}H_{12}O$) он оказался в эфирном масле Pimpinella Anisum L., Anethum Foeniculum L., Illicium anisatum L., Arthemisia Dracunculus L.

Этиловый спирт (C_2H_6O) — в плодах Heracleum gyganteum Fisch., Pastinaca sativa L., Anthriscus cerefolium Hoffm. и некоторых других зонтичных частью в свободном состоянии, частью в виде масляного эфира; наибольшее количество заключали плоды незрелые; в зрелых преобладал метильный спирт. *Готье* нашел этильный спирт в яблоках; при перегонке 300 г яблок получилось 0,8 г алкоголя.

Гексиловый спирт ($C_6H_{14}O$) в виде уксуснокислого эфира — в эфирном масле Heracleum spondylium L. и H. gyganteum Fisch., в последнем в смеси с масляным эфиром.

Нормальный октиловый спирт ($C_8H_{18}O$) — в эфирном масле Heracleum giganteum Fisch. и H. spondylium L. в виде эфира уксусной кислоты

[7] *Gutzeit.* Ann. d. Chem. Phys. 177; 344.

с небольшой примесью капрон-октильного эфира; в виде масляпокислого эфира в плодах Pastinaca sativa L.

Аллильный спирт (C_3H_6O) в виде *диаллильного эфира* ($C_6H_{10}O$) — в сыром чесночном масле и в виде *сернистого аллила*, или *чесночного масла* ($C_6H_{10}S$),— в Allium sativum L. (чесноке), в других видах лука и в различных крестоцветных; масло Ferula Asa foetida L., вероятно, тоже состоит из сернистого аллила.

Глицерин ($C_3H_8O_3$) встречается, по-видимому, в каждом растении в соединении с кислотами жирного ряда $C_nH_{2n}O_2$, акрилового $C_nH_{(2n-2)}O_2$ и других. Соединения эти, называемые растительными жирными маслами, или жирами, представляют в большей части случаев смеси триглицеридов трех кислот: пальмитиновой и стеариновой из жирного ряда и олеиновой из ряда акрилового; реже встречаются соединения глицерина с уксусной кислотой в виде *триацетина* ($C_9H_{14}O_6$) — в масле семян Evonymus Europaeus L., с *льняной кислотой* ($C_{16}H_{26}O_2$)[4*] ряда $C_nH_{(2n-6)}O_2$ и *рициноловой* ($C_{18}H_{34}O_3$) ряда $C_nH_{(2n-2)}O_3$. Глицериды двух последних кислот, окисляясь на воздухе, высыхают, почему и называются высыхающими маслами в противоположность глицеридам первых трех кислот, сохраняющим на воздухе жирную консистенцию без перемены.

Жиры являются отложенными в значительном количестве большею частью в семенах, реже в мякоти плодов (Olea Europaea L., Moringa oleifera Lam., M. aptera Gärth.) и в корневище (Cyperus esculentus L., Aspidium filix mas Sw.).

Из маслянистых семян я приведу некоторые наиболее богатые содержанием жира.

В семенах	Sinapis nigra L. найдено более 30% жира, составленного из глицеридов стеариновой, олеиновой и эруковой кислот
»	Theobroma Cacao L. — от 35 до 55% глицеридов преимущественно стеариновой кислоты
»	Brassica campestris L. — до 40% глицеридов стеариновой, олеиновой и эруковой кислот
»	Ricinus communis L. — от 40 до 45% глицеридов стеариновой и рициноловой кислот
»	Amygdalus communis L. — в сладком до 30%, в горьком до 50% жира, богатого содержанием олеина
»	Gossypium sp. — до 45% глицеридов пальмитиновой и олеиновой кислоты
»	Arachis hypogaea L. — от 43 до 50% обыкновенных глицеридов с примесью глицеридов арахиновой и гипогеевой кислот
»	Bertholletia incana — до 50% глицеридов пальмитиловой, стеариновой и олеиновой кислот
»	Papaver somniferum L. — до 55% жира, составленного преимущественно из глицерида льняной кислоты

В состав некоторых жиров, по *Кенигу*[8], входят и свободные жирные кислоты.

[8] Land. Vers. 17; 13.

Эритрит ($C_4H_{10}O_4$) — единственный представитель четырехатомных спиртов, найден в водоросли Protococcus vulgaris в свободном состоянии и в лишайниках рода Roccella в виде орселинокислого эфира — *эритрина* $[C_4H_6(OH)_2(C_8H_7O_4)_2]$.

Маннит ($C_6H_{14}O_6$) — в соке, вытекающем из Fraxinus Ornus L., F. rotundifolia L.; застывая на воздухе, он образует твердую массу, называемую манной; особенно богат маннитом сок 8—20-летнего ясеня; в более старых деревьях, кроме маннита, в соке ясеня содержится много гумми. Маннит найден также в соке липы, лиственницы, в корнях, стеблях, листьях и семенах многих растений сем. Oleineae и Umbelliferae, а также в грибах (Hormiscium Gerevisiae и Penicillium glaucum) и водорослях.

Дульчит, или *мелампирит* ($C_6H_{14}O_6$), изомерный с маннитом,— в зеленых частях Melampyrum nemorosum L., Rhinanthus Crista galli L. и других растениях этого семейства.

Сорбит ($C_6H_{14}O_6$) — в ягодах Sorbus aucuparia L.

Кверцит ($C_{11}H_{12}O_5$) [5*] — в желудях Quercus racemosa L., Q. sessiliflora Sm., Q. robur L. и в отваре коры дуба.

Пинит, изомерный с кверцитом,— в смоле Pinus Lambertiana Dougl.

Инозит (фазеоманит) — в незрелых плодах Phaseolus vulgaris L., Pisum sativum L., Brassica oleracea capitata L., Digitalis purpurea L., в листьях и стебле Taraxacum officinale Wig., в побегах Solanum tuberosum L.; *Гильгерс* нашел его в значительном количестве в соке ягод винограда и в молодых листьях виноградной лозы.

Декстроз [6*], или *виноградный сахар* ($C_6H_{12}O_6$), и *левулоз* [7*], или плодовый сахар ($C_6H_{12}O_6$),— в весьма многих растениях. Оба эти вещества встречаются вместе и обыкновенно в количестве равном, т. е. соответствующем содержанию их в тростниковом сахаре, что дает повод предполагать, что оба они образуются в растении из тростникового сахара; последний нередко встречается вместе с ними.

Тростниковый сахар ($C_{12}H_{22}O_{11}$); его удалось найти до сих пор только в небольшом числе растений; причина этого кроется в трудности распознавания его в растении, если количество его незначительно. Наиболее богатыми тростниковым сахаром оказались некоторые растения из сем. Gramineae; в свежем стебле с листьями Saccharum officinarum L. *Поп* нашел 18% тростникового сахара; *Ицери* удалось добыть из сахарного тростника до 20%, а из выжатого из него сока — от 17 до 18%; в стебле Sorghum saccharatum Pers. *Лепле* нашел до 15% тростникового сахара; в стебле Zea Mays L.— от 7 до 9% тростникового сахара. Из растений других семейств наибольшие количества тростникового сахара найдены в некоторых разновидностях Beta vulgaris L. (7—14%), в стволах пальм Arenga saccharifera Labil., Sagus Rumphii Willd., Acer saccharinum L. и некоторых других видах этого рода; его нашли также в мясистых корнях Angelica Archangelica L., Chaerophyllum bulbosum L., Daucus carota L., Pastinaca sativa L., Helianthus tuberosus L., Leontodon Taraxacum L., Cichorium Ihtibus L., в весьма многих плодах, например в ананасе, землянике, апельсине и др.; некоторые растения выделяют его

из нектарий, иногда в таком количестве, что он выкристаллизовывается па поверхности растения; наконец, его удалось открыть и в зародыше семян грецкого и обыкновенного ореха, горького миндаля и кофе в смеси с некристаллизующимся сахаром в количестве от 5 до 8%. Присутствие его в семени ячменя, на которое указал *Кюнеман,* не подтвердилось исследованием *Пеля.*

Молочный сахар находится, по указанию *Бушарда,* в Achras sapota L.

Синантроз [8*] — в клубнях Synanthereae, именно Dahlia variabilis Desf. и Helianthus tuberosus L.

Мелитоз [9*] — в сахаристом выделении (манне) различных видов Eucalyptus.

Мелезитоз [10*], или *лиственичный сахар,*— в выделении Larix Europaea DC.

Микоз, или *трехалоз,*— в головнистой ржи и некоторых грибах, например Hormiscium Cerevisiae, Mucor Mucedo, Aethalium septicum.

Крахмал. ($C_6H_{10}O_5$) — во всех растениях, за весьма немногими исключениями; особенно большие количества его находятся отложенными в клубеньках, корневищах и семенах в виде запасного материала. По определению Крокера, в свежем картофеле, содержащем 70% воды, находится от 16 до 24% крахмала. В высушенных при 100° семенах он нашел средним числом следующие количества крахмала: семена бобов заключали до 38%, гороха — до 39%, овса — от 37 до 40%, гречихи — от 44 до 45%, ржи — от 44 до 48%, пшеницы — от 53 до 57%, маиса — от 66 до 67%, риса — от 86 до 87%.

Инулин ($C_6H_{10}O_5$) — в корнях и корневищах многих растений из сем. Compositae; Inula Helenium в конце сентября содержит иногда до 44% по весу инулина; Dahlia variabilis Desf.— до 42%; в живом растении он всегда встречается растворенным в клеточном соке, нередко в виде пресыщенного раствора, так как количество воды, заключенной в растении, недостаточно для растворения инулина. *Краус* [9], специально расследовавший распространение инулина в растительном царстве, нашел его также в семействах Campanulaceae (Campanula pyramidalis L., C. lamifolia, Phyteuma и др.), Lobeliaceae (Lobelia fulgens, L. syphilitica), Goodeniaceae, Stylideae, следовательно, во всей группе Campanulaceae Endl., за исключением Brunoniaceae.

Клетчатка, или *целлюлеза,*— в стенке всякой растительной клетки; в молодом возрасте клетки она представляет главную составную часть оболочки; со временем отлагаются, кроме клетчатки, различные другие соединения, не вполне определенного состава, так называемые *инкрустирующие вещества*, иногда в количестве столь значительном, что замаскировывают в оболочке реакции клетчатки. Только в сравнительно редких случаях оболочка вполне развитой клетки оказывается построенною исключительно из клетчатки; примерами могут служить клетки некоторых водорослей, волоски, покрывающие поверхность семян хлопчатника,

[9] *Kraus.* Bot. Zeit. 1878; 285.

клетки белка семени Phytelephas; за исключением тончайшего наружного слоя, стенки этих клеток состоят из чистой клетчатки.

Лихенин, весьма близкий к крахмалу углевод,— в лишайниках Cetraria, Ramalina, Usnea, Parmelia и Cladonia; Cetraria islandica содержит до 70% лихенина.

Присутствие *декстрина* в растениях еще не вполне доказано.

Арабин, или *арабиновая кислота*[11*], составляет главную составную часть камеди, выделяемой в Аравии, Египте, Гвинее и Сенегамбии различными видами рода Acacia. Густая масса этой камеди на воздухе быстро твердеет. По *Шейблеру*, камеди различного происхождения различно относятся к поляризованному свету и дают разные продукты разложения при действии на них серной кислоты. Он рассматривает их как смесь по крайней мере двух тел: арабиновой кислоты, вращающей плоскость поляризации влево, и другого тела, неопределенного состава, отклоняющего свет вправо. Арабиновая кислота находится в аравийской камеди (гуммиарабикум) в виде солей калия, кальция и магния; содержание этих минеральных веществ в камеди доходит до 3—4%.

Метаарабиновая кислота, или *церазин*[12*],— в сердцевине зрелой и здоровой свеклы и в вишневом клее; *Герен Вари* нашел в вишневом клее 34,9% церазина, 52,1% арабина; кроме того, от 1 до 3% золы и воды.

К телам подобного же состава относятся: а) *трагант*, или *бассорин*, выделяемый различными видами Asragalus, именно A. creticus Lam, A. verus Oliv. и A. Parnassii Boiss.; б) *камедистые вещества*, образующиеся частью в поверхностном слое клеток семян (Linum, Plantago), частью внутри растения, например в Althaea, в корневище Corallorhiza, Epipogon, Salvia, Orchis, Symphytum, Cynoglossum и др.; в) *желоз* (*agaragar*), слизистое вещество в стенках клеток некоторых океанических водорослей, например Sphaerococcus lichenoides Ag.

Пирокатехин ($C_6H_6O_2$); присутствие его несомненно доказано только в древесине вишневого дерева. По *Краусу*[10], он также содержится в листьях разных растений, по *Горуп-Безанесу*[11],— в соке ягод Ampelopsis quinquefolia Mich; последний утверждает даже, что ему удалось возгонкой выделить из них соединение, обладавшее всеми свойстами пирокатехина. Напротив того, *Прейссе*[12] не нашел и следа пирокатехина в этих растениях и считает присутствие пирокатехина в живом растении недоказанным[13].

Флороглюцин ($C_6H_6O_3$) найден *Вейнцирлем*[14] во многих растениях — в коре, преимущественно в феллогене; *Виснер* открыл его присутствие в древесине вишневого дерева.

Бензильный, или *бензойный*, *спирт* (C_7H_8O) в виде эфира коричной

---

[10] *Kraus*. Neues Repert. f. Pharm. 22; 273.

[11] *Gorup-Besanez*. Büchn. Repert. 21 и 23, 180; также в Sitz, Ber. d. physik. medic. Soc. in Erlangen. 1873.

[12] *Preusse*. Zeitsch. f. physiol. Chem. 2; 324.

[13] *Wiesner*. Sitz. Ber. Wien. Ak. 77; 60 (1878).

[14] *Weinzierl*. Oest. Bot. Zeit. 1876; N 9.

кислоты — в перуанском и толутанском бальзамах, получаемых из Myroxylon peruiferum Mut. и M. toluiferum L.

Орсин ($C_7H_8O_2$) — соединение, изомерное с гомопирокатехином,— в Roccella, Lecanora и других красящих лишайниках.

Коричный, циннамильный, спирт ($C_9H_{10}O$) в виде стирацина — в жидком стираксе [13]* Liquidambar orientale Mill.

Эйгенол, или *гвоздичная кислота* ($C_{10}H_{12}O_2$),— в коре Canella alba Murr, в летучем масле ягод Laurus nobilis L. и в эфирных маслах Caryophyllus aromaticus L., Myrtus pimenta L., Cinnamomum zeylanicum Nees.

Тимол ($C_{10}H_{14}O$) — с цимолом в эфирных маслах Thymus vulgaris L., Monarda punctata L., Ptychotis Ajowan DC.

Холестерин ($C_{27}H_{44}O$) — в горохе, в жире ржи.

Кислоты

Муравейная кислота (CH_2O_2), найдена в сравнительно небольшом числе растений, частью в свободном состоянии, частью в виде солей; ее нашли в иглах и древесине Pinus Abies L., в соке Sempervivum tectorum L., в плодах Sapindus Saponaria L., в плодах Tamarindus indica L., в соке Urtica urens L.; ожог кожи, вызываемой крапивой, приписывают обыкновенно присутствию в больших одноклеточных ее волосках муравейной кислоты. Подтверждая кислую реакцию сока этих волосков, *Де Бари* [15], однако, считает присутствие в них муравейной кислоты сомнительным; по его мнению, даже неизвестно, производится ли ожог плазмою или телом, растворенным в клеточном соке.

Уксусная кислота ($C_2H_4O_2$) — в соке многих древесных пород, частью в свободном состоянии, частью в виде солей калия и кальция; в виде гексильного и октильного эфиров — в масле Heracleum Spondylium L., Evonymus Europaeus L., и в виде сикоцерильного эфира [14]* в Ficus rubiginosa Desf.; смола последнего содержит до 14% этого эфира.

Пропионовая кислота ($C_3H_6O_2$) — в цветах Achyllea millefolium L., в плодах Ginkgo-biloba L. и в мухоморе.

Масляная кислота ($C_4H_8O_2$) — в плодах Heracleum gyganteum Fisch. в виде гексильного эфира и в плодах Pastinaca sativa L. в виде октильного эфира; вместе с муравейною кислотою — в плодах Sapindus Saponaria L. и Tamarindus indica L.; с уксусною и валерьяновою кислотами — в Anthemis nobilis L.; с пропионовою и капроновою кислотами — в плодах Ginkgo biloba L.; с разными летучими кислотами — в Tanacetum vulgare L. и Arnica montana L.

Бутиловое (вторичное) горчичное масло (C_5H_9NS), производное от вторичного бутильного спирта,— в эфирном масле Cochlearia officinalis L.

Изомасляная кислота ($C_4H_8O_2$) — в плодах Ceratonia siliqua L.; вместе с муравейною, уксусною и небольшими количествами капроновой и бензоиной кислот — в корне Arnica montana L. и Anthemis nobilis L.

---

[15] *De Bary.* Vergleichende Anatomie d. Vegetationsorgane d. Pflanzen, p. 72 (1877).

Обыкновенная, или *изовалериановая, кислота* ($C_5H_{10}O_2$) — в корне Valeriana officinalis L. и в небольшом количестве в надземных частях этого растения; в корне Angelica Archangelica L. и Athamantha oreoselinum L.; в заболони Sambucus nigra L., в коре и зрелых плодах Viburnum Opulus L., в цветках и других надземных частях Anthemis nobilis L.; в плодах Humulus Lupulus L. и Ginkgo biloba L.

Капроновая кислота (изобутило-уксусная; $C_6H_{12}O_2$) — в цветах Satyrium hircinum L. и Arnica montana L.; в плодах Cocos nucifera L. вместе с капроновой и каприловой кислотами в виде глицеридов; в большом количестве в мякоти плодов Ginkgo biloba L. с кислотами масляной и валерьяновой.

Каприловая кислота ($C_8H_{16}O_2$) — в жире Cocos nucifera L.

Пеларгоновая кислота ($C_9H_{18}O_2$) — в летучем масле Pelargonium roseum Willd., P. odoratissimum Willd. и P. capitatum Ait, в виде *метилнонилкетона* ($C_{11}H_{12}O$) — в масле Ruta graveolens L., которое почти исключительно состоит из этого соединения.

Из *одноатомных кислот с числом паев углерода выше десяти* найдены в растениях только следующие твердые жирные кислоты и воскообразные вещества неопределенного еще состава.

Лавровая, и *лауриновая, кислота* ($C_{12}H_{24}O_2$) — в жире плода Laurus nobilis L., Laurus Pichurum W., Cylicodaphne sebifera Bl., в масле Croton Tiglium L., в плоде Mangifera gabonensis Aubry-Lec., в воске плодов Myrica cerifera L. и в масле коксового ореха.

Миристиновая кислота ($C_{14}H_{28}O_2$) — в жире семян Myristica moschata Thunb., M. Otoba H. и B., Mangifera gabonensis Aubry-Lec. и в небольшом количестве в кокосовом и кротоновом маслах.

Пальмитиновая кислота ($C_{16}H_{32}O_2$) — в пальмовом масле, или жире, Elais guinensis Jacq., в жире Stillingia sebifera Mich., в японском воске, добываемом, вероятно, из Rhus succedanea L., в воске Myrica cerifera L., в жире семян ржи.

Стеариновая кислота ($C_{18}H_{36}O_2$) — вместе с пальмитиновою кислотою, входит в состав большей части растительных жиров.

Арахиновая кислота ($C_{20}H_{40}O_2$) — в жире плодов Arachis hypogaea L. и Nephelium lappaceum L.

Бегеновая кислота ($C_{22}H_{44}O_2$) — в жире плодов Moringa oleifera Lamu и M. aptera Gärt.

Все приведенные кислоты этой группы встречаются в растениях или в виде триглицеридов (жирных масел или жиров) или в соединении с алкоголями и холестерином. Значительные их скопления наблюдаются всего чаще в семенах, где количество их иногда возрастает до 50% сухого вещества семени; редко встречаются они отложенными в мякоти плода, например у оливкового дерева (Olea Europaea L.), и еще реже на поверхности растения (на плодах Stillingia sebifera Mich.).

Воскообразные отложения, покрывающие поверхность ствола, листьев и плодов различных растений, представляют массу, по наружному виду и консистенции весьма сходную с пчелиным воском. Подобно воску, она мягкая, плавится при температуре ниже 100° С и легко растворяется в

спирте; по химическому же составу, по-видимому, с пчелиным воском имеет мало общего; бо́льшая часть хорошо исследованных сортов растительного воска оказалась составленной преимущественно из глицерида пальмитиновой кислоты с примесью глицеридов стеариновой, олеиновой, миристиновой и лавровой кислот, а также и малых количеств различных красящих, пахучих и смолистых тел. В воске Copernicia cerifera Mart. найден еще мелиссиновый спирт и небольшое количество церотина.

Гликоловая кислота ($C_2H_4O_3$) — в незрелом винограде и в листьях дикого винограда (Ampelopsis quinquefolia Mich.).

Щавелевая кислота ($C_2H_2O_4$) встречается в громадном количестве растений, преимущественно в виде солей калия и кальция; калийные соли ее находятся растворенными в клеточном соке; известковое же ее соединение образует твердые отложения различной формы, заключенные частью в содержимом клетки, частью в оболочке.

Чаще всего щавелевая кислота встречается в соединении с кальцием. Особенно изобилуют ею некоторые лишайники, сухое вещество которых наполовину состоит из щавелевокислого кальция. По *Шмидту*[16], щавелевокислый кальций в продолжение усиленной вегетации удерживается в растворе при посредстве альбумина и выкристаллизовывается лишь к концу этого периода. Большим содержанием кислой щавелевой соли калия отличаются роды Oxalis и Rumex и виды Geranium acetosum L. Spinacia olegracea L., Phytolacca decandra L., Rheum palmatum L. и Atropa Belladona L. В виде солей натрия нашли щавелевую кислоту в различных видах Salsola и Salicornia. По исследованию *Мейера*, растворенная в клеточном соке кислая щавелевая соль калия составляет в листьях Oxalis acetosella L. 12%, а в листьях O. corniculata L. до 13% сухого вещества. Ее нашли в виде солей щелочей и щелочных земель в различных водорослях (Vaucheria, Spirogyra) и в 26 грибах, например в Lycoperdon, Peziza, Sphaeria.

Молочная кислота ($C_3H_6O_3$) — в коре ивы; по *Доту*, кислота в иве принадлежит к разновидности молочной кислоты, не действующей на поляризованный свет.

Фумаровая кислота ($C_4H_4O_4$) — во многих растениях, например в Fumaria officinalis L., Corydalis bulbosa DC., Glaucium luteum L. в лишайнике Cetraria islandica Ach., и некоторых грибах: Agaricus piperatus Bolt., A. tomentosus Bolt., A. muscarius L. и Boletus pseudoignarius Bull.

Янтарная кислота ($C_4H_6O_4$) — в вегетативных органах Lactuca virosa L., Lactuca sativa L., Artemisia Absinthium L., Papaver somniferum L., Eschscholtzia californica Cham, и в соке незрелого винограда.

Яблочная кислота ($C_4H_6O_5$) из всех кисло̂т наиболее распространенная в растительном царстве; число растений, в которых ее нашли, простирается до 200. Наиболее изобилующими ею оказались незрелые и кислые плоды. Она встречается в растениях в свободном состоянии и в виде солей калия, кальция и магния, а также и в соединении с алкалои-

[16] *Schmidt*. Ann. d. Chem. u Pharm. 61; 297.

дами. Количество ее может достигать нескольких процентов веса сухого вещества. Из 100 частей по весу ягод Sorbus aucuparia L. *Винклеру* удалось добыть 4,5 части яблочнокислого свинца. Из выжатого и сконцентрированного до густоты сиропа сока стебля и ягод Rheum palmatum L. и R. undulatum L. получено кристаллизацией 3,5% яблочнокислого калия. 100 г сухих листьев Nicotiana Tabacum L. дали *Гупилю* от 3 до 4 г яблочнокислого аммиака. Добываемая из растений яблочная кислота вращает плоскость поляризации вправо.

Винная кислота (правая; $C_4H_6O_6$), подобно яблочной, весьма распространена в растениях; она встречается или в свободном состоянии, или же в виде солей калия и кальция и отклоняет поляризованный свет вправо. В значительном количестве ее нашли в корнях и листьях Agave americana L., в коре и древесине стебля Rumex acetosa L.; особенно же много в мякоти кислых и сладких плодов, например Vitis sylvestris L., Rhus typhina L., в картофеле и др. Изомерная с правой *левая винная кислота* в свободном состоянии в растении не найдена; но в виноградном соке встречается в соединении с правой в виде виноградной кислоты.

Ангеликовая кислота ($C_5H_8O_2$) с валерьяновой — в корне Angelica sativa Mill; в большем еще количестве с валерьяновой же кислотою в корне сумбула (Sumbul, или Mochus Wurzel); она содержится также в кротоновом масле.

Метилкротоновая (тиглиновая) *кислота* ($C_5H_8O_2$), изомерная с предыдущей,— в масле плодов Croton Tiglium Klotsch.

Сорбиновая кислота ($C_6H_8O_2$) — в Sorbus aucuparia L.

Аконитовая кислота ($C_6H_6O_6$) — в Aconitum Napellus L., A. variegatum L., Delphinium consolida L., Helleborus niger L. Adonis vernalis L., Achillaea millefolium L., Saccharum officinarum L. и Equisetum. В Aconitum и Delphinium аконитовая кислота находится преимущественно в виде соли кальция, в Equisetum — частью в виде кальциевой или магнезиальной соли, частью в соединении с нелетучей органической щелочью. По *Линдеросу*, в листьях Adonis vernalis L. аконитовая кислота составляет $^1/_{10}$ часть веса сухого вещества.

Лимонная кислота ($C_6H_8O_7$) — в весьма многих растениях частью в свободном состоянии, частью в виде солей калия и кальция; всего более содержат ее плоды Citrus Medica L. и C. Aurantium L.; хороший лимон дает до 25 г сока с 2,5 г лимонной кислоты.

Бензойная кислота ($C_7H_6O_2$) — в корнях Acorus Calamus L., Inula Helenium L., Pimpinella Saxifraga L.: в незрелых ягодах винограда, в зрелых плодах Vanilla aromatica Sw., Illicium anisatum L., в семенах Evonymus Europaeus L., во многих смолах, например в росном ладане или бензойной смоле остиндского растения Styrax Benzoin Dry., в коричном, бергамотовом и других маслах.

В виде *бензойного альдегида* (C_7H_6O) она найдена в листьях Prunus Padus L., Prunus Lauro-cerasus Loisel. и Amygdalus persica L.

Салицилистая кислота (салициловый альдегид; $C_7H_6O_2$) — в эфирном масле корня, стебля, ветвей и цветов Spiraea Ulmaria L., в вегетативных

надземных частях Spiraea digitata W., S. lobata Mur. и S. filipendula L., также в цветах Grepis foetida L.

Салициловая кислота (ортоксибензойная; $C_7H_6O_3$) — в цветах Spiraea Ulmaria L., Monotropa hypopitys L., в эфирном масле Gaultheria procumbens L.; последнее состоит почти исключительно из метилового эфира этой кислоты.

Хинная кислота ($C_7H_{12}O_6$) — во всех сортах хинной коры, в ложной хинной коре (China nova surinamensis), в Vaccinium myrtillus L., Galium Mollugo L. и в семенах кофе.

Галловая, или *чернильноорешковая, кислота* ($C_7H_6O_5$) — в чернильных орешках, в чае, в листьях Arctostaphylos Uva ursi Spr., в плодах Caesalpinia Coriaria Willd. и др. Присутствие ее в живых растениях *Гуземан* не считает еще доказанным.

Хелидоновая кислота ($C_7H_4O_6$) с яблочной и янтарной содержится в листьях Chelidonium majus L. во все время развития растения; в наибольшем количестве во время цветения; надземные части богаче содержанием хелидоновой кислоты, чем корни.

Меконовая кислота ($C_7H_4O_7$) — в опиуме в соединении с морфином и другими алкалоидами; содержится ли она уже готовою в незрелых плодах мака, неизвестно.

Орселиновая кислота ($C_8H_8O_3$) в виде *эритрина* ($C_{20}H_{22}O_{10}$) — в лишайниках Rhoccella и Lecanora.

Ванилиновая, или *метилпротокатеховая, кислота* ($C_8H_8O_4$) — в виде альдегида ванилина ($C_8H_8O_3$) — на поверхности плодов Vanilla planifolia Andr.; она покрывает плод слоем кристаллического налета.

Коричная, фенилакриловая, кислота ($C_9H_8O_2$) — в перуанском бальзаме из Myroxylon Pereirae Boyle, в бальзаме Myroxylon toluiferum Rich., в стораксе Liquidambar orientale Mill. и в бензойных смолах из Styrax Benzoin Dry., в последних вместе с бензойной кислотой; также в листьях Thea chinensis Sims.

В виде *коричного альдегида* (C_9H_8O) — в эфирном масле корицы или коры Cinnamomum Zeylanicum Nees, C. aromaticum Nees и C. Laureirii Nees; эфирное масло это найдено во внутреннем слое коры перечисленных растений.

В виде эфиров: *корично-бензилового* (циннамеина; $C_{16}H_{14}O_2$) — в толутанском и перуанском бальзамах и *корично-коричкого эфира* (стирацина; $C_{18}H_{16}O_2$) — в жидком стираксе Liquidambar orientale Mill.

Кумаровая кислота (орто-оксикоричная; $C_9H_8O_3$) — в Melilotus officinalis L.; в виде ангидрида — *кумарина* ($C_9H_6O_2$) она найдена в корневище Hierochloa borealis R. et Sch., в надземных вегетативных частях Orchis fusca Jacq., Nigritella alpina (Satyrium alpinum Pers.), Hiernaria glabra L.; в листьях и на поверхности листьев Liatris odoratissima Willd., в листьях Melilotus vulgaris W. и Asperula odorata L.; в цветах Anthoxanthum odoratum L. и Angraecum fragrans; в зрелых семенах Dipterix odorata Willd. и плодах Phoenis dactylifera L.; в этих растениях кумарин встречается частью в свободном состоянии, частью в соединении с мелилотовою кислотою.

Куминовая кислота ($C_{10}H_{12}O_2$) в виде *куминового альдегида* ($C_{10}H_{12}O$) — в летучем масле Cuminum Cyminum L. и в семенах Cicuta virosa L.; в обоих эфирных маслах в сопровождении цимола.

Мелилотовая, или *гидрокумаровая, кислота* ($C_9H_{10}O_2$) — в Melilotus officinalis L.

Вератриновая кислота ($C_9H_{10}O_4$), изомерная с гидрокофейной и умбеллиновой,— в семенах Sabadilla officinalis Brandt.

Феруловая, или *метилоксикумаровая, кислота* ($C_{10}H_{10}O_4$) — в Ferula Asa foetida L.

Дигалловая кислота, *таннин*, *дубильная кислота* ($C_{14}H_{10}O_9$) — в азиатских чернильных орешках, т. е. наростах, причиняемым укушением насекомого рода Cynips, на молодых побегах Quercus infectoria Oliv. и на ветвях, листьях и плюске различных пород дуба средней Европы; дигалловая кислота находится также в наростах Rhus semialata s. Rhus javanica L., вызываемых укушением Aphis chinensis.

Сюда же относится целый ряд дубильных кислот: *дубильная кислота, катеховая, катеходубильная, кинодубильная, кофейнодубильная, моринодубильная* и др.[15]*

По исследованиям *Шелля*[17], *дубильные вещества* оказались не менее распространенными в растениях, чем сахар; число расследованных видов простиралось до 639. Он нашел дубильные вещества во всех хвойных и в большей части двудольных; из последних ему не удалось открыть их только в трех семействах: Cacteae, Solaneae, Malvaceae. Папоротники найдены *Шеллем* менее богатыми дубильными веществами; в однодольных, плауновых, мхах и лишайниках их было еще меньше; в грибах (Boletus edulis Bull., B. luteus L., Agaricus deliciocus Schaeff., A. Russula Bolt., Morchella esculenta Pers., Polyporus sulphureus Boell. и некоторых других) дубильных веществ не оказалось вовсе.

Пецольд[18] не нашел дубильных веществ в Cytisus, Colutea, Philadelphus, Hedera, Lonicera, Aristolochia.

Наибольшее скопление дубильных веществ найдено в *чернильных орешках,* т. е. наростах на листьях, вызываемых насекомыми, которые кладут в них свои яйца; вокруг яйца ткань листа начинает вскоре разрастаться необыкновенно сильно и образует шаровидное тело, в центре которого развивается насекомое. По определению *Гаузенека*[19], китайские чернильные орешки содержат от 69 до 77% дубильных веществ; альгарабило (Balsamodendron brevifolium Rhilippi) — от 67 до 68%; малоазиатские чернильные орешки — 60%; миробаланы — 45%; немецкие, французские, малые венгерские орешки — от 25 до 30%. По его же определениям, в лучшем сорте коры дуба (Spiegelrinde) находится от 16 до 20% дубильных веществ; в коре рябины — 14%; в одно- и двулетней коре ивы — 13%; в молодой коре сосны — 8%; в коре березы — 7%.

Хризофановая кислота ($C_{15}H_{10}O_4$) — в корне Rumex obtusifolius L. и различных видах Rheum; в меньшем количестве — в листьях и цветоч-

---

[17] *Schell.* Physiol. Rolle d. Gerbsäure. 1874.
[18] *Pezold.* Ueb. d. Vertheil. d. Gerbstoffs i. d. Pflanzen. Inaug. Diss.
[19] *Hauseneck* Zeitschr. d. allgem. Oest. Apothekervereins. 1879; 166. (J. J. 879; 360).

ных покровах этих же растений; в лишаях Parmelia parietina Ach. и Lecanora elegans Ach.; *Борщов* получил из 125 г сухой Parmelia parietina 3,5 г хризофановой кислоты, т. е. приблизительно около 3%.

Гипогеиновая кислота ($C_{16}H_{30}O_2$) с арахиновой кислотой — в жирном масле семян Arachis hypogaea L.

Леканоровая, или *диорселиновая, кислота* ($C_{16}H_{16}O_8$) — во многих лишайниках, именно в разных видах Roccella, Lecanora и Variolaria.

Роцелловая кислота ($C_{17}H_{32}O_4$) — в различных породах лишайников, как-то: Rocella tinctoria Ach. и R. fuciformis Ach.

Эверновая кислота ($C_{17}H_{16}O_7$) — в лишае Evernia prunastri Ach.

Олеиновая кислота ($C_{18}H_{34}O_2$) в виде триолеина — в большей части жидких и твердых жиров растений, из которых особенно богаты триолеином масла: миндальное, оливковое и некоторые другие.

Рициноловая кислота ($C_{18}H_{34}O_3$) — в жирном масле Ricinus communis L.

Вульпиновая кислота ($C_{19}H_{14}O_5$) — в лишайниках Evernia vulpina Ach., Parmelia parietina Ach. и др.

Эруковая кислота ($C_{22}H_{42}O_2$) в виде глицерида — в жирном масле семян Sinapis alba L., S. nigra L. и Brassica campestris L.

Аспарагин, или *амидосукцинаминовая кислота* ($C_4H_8N_2O_3$),— в громадном числе растений; наибольшие количества его найдены в соке Asparagus и многих Papilionaceae. Особенно большое скопление его, доходящее до $^1/_5$ всего сухого вещества, оказалось в прорастающем Lupinus luteus L.; аспарагин найден и в сладких миндалях; из 11 кг миндалей удалось получить 30 г аспарагина.

Лейцин, или *амидокапроновая кислота* ($C_6H_{13}NO_2$) [16*],— в прорастающих растениях Vicia, в клубне картофеля, в прорастающей тыкве.

Тирозин ($C_9H_{11}NO_3$) — в значительном количестве в молодых листьях Dahlia variabilis Desf., в этиолированных побегах клубней картофеля и в проросших в темноте растениях Vicia.

Нитрил фенило-уксусной кислоты (C_8H_7N) представляет преобладающее соединение в эфирном масле Tropaeolum majus L. и Lepidium sativum L.

Нитрил фенило-пропионовой кислоты (C_9H_9N) — в масле Nasturtium officinale R. Br.

Глюкозиды

Наиболее исследованные из них следующие.

Мироновая кислота ($C_{10}H_{19}NS_2O_{10}$) — в семенах Sinapis alba L. в виде соли калия; из 2 фунтов семян *Вилю* и *Кернеру* удалось добыть 5—6 г этой соли.

Следующие глюкозиды принадлежат к ароматической группе; по разнообразию состава я предпочел перечислить их в алфавитном порядке.

Глюкозиды ароматической группы

Амигдалин ($C_{20}H_{27}NO_{11}$) — в коре, листьях, цветах и семенах Prunus Padus L., в семенах Amygdalus amara L. и в сладких миндалях, в A. persica L., Prunus Lauro-cerasus L., Prunus domestica L., в незначительном количестве в семенах Pyrus Malus L., Pyrus communis L., Cydonia vulgaris Pers., Sorbus aucuparia L., Sorbus latifolia L. Из горьких миндалей *Вёлер* и *Либих* получили 1 1/2 до 2% амигдалина; Бетте — от 2,2 до 3%; из косточек персика *Гейзенер* добыл 3 1/2%; из косточек Prunus Padus L. *Гейман* получил 1 1/2%; из коры, листьев и цветов этого растения — от 2/3 до 1% кристаллического амигдалина.

Арбутин ($C_{25}H_{34}O_{14}$) — в листьях Arbutus Uva ursi L. и Pyrola umbellata L., также в Gaultheria procumbens L. и Epigaea repens L.

Изофлорицин ($C_{21}H_{24}O_{10}+2H_2O$) с изомерным флорицином — в коре и листьях яблони.

Индикан ($C_{26}H_{31}NO_{17}$) [17*] — в разных видах Indigofera, в Isatis tinctoria L., Polygonum tinctorium L., Nerium tinctorium Rottl.; в листьях Bletia Tankervilliae R. Br. и Calanthe veratrifolia R. Br.

Карминовая кислота ($C_{17}H_{18}O_{10}$) — в цветах Monarda didyma L.

Кверцетин ($C_{27}H_{18}O_{12}$) [18*],— один из продуктов распадения кверцитрина, находится готовым в древесине Rhus cothinus L.. в коре ствола Pyrus Malus L., в зеленых частях Calluna vulgaris Salibs., в листьях и цветах Aesculus Hippocastanum L., в цветах Cornus mascula L., в ягодах Hippophaë rhamnoides L.

Кверцитрин ($C_{33}H_{30}O_{17}$) — в коре Quercus tinctoria Mich. и в цветах Aesculus Hippocastanum L.

Кониферин ($C_{16}H_{22}O_8$) — в камбиальном соке и древесине хвойных: Abies excelsa DC., A. pectinata DC., Pinus Cembra L., P. strobus L., Larix Europaea DC., в древесине и лубе большей части наших деревьев; в разных видах Salix, Populus, Prunus, Quercus, Acer; Aesculus Hippocastanum L., Sorbus Aucuparia L., Robinia Psceudoacacia L., Sambucus и др.

Популин ($C_{20}H_{22}O_8+2H_2O$) — в коре и листьях Populus tremula L., P. alba L. и P. graeca Ait. По *Браконно*, листья P. tremula богаче популином, чем кора.

Рубиэритриновая кислота ($C_{26}H_{28}O_{14}$) — в корне Rubia tinctorum L.

Салицин ($C_{13}H_{18}O_7$) — в коре многих Salix и Populus; в листьях молодых побегов и цветах он тоже находится, но в меньшем количестве. Наиболее богаты им Salix pentandra L. и S. praecox Hoppe; они содержат от 3 до 4% салицина. По всему вероятию, салицин находится и в различных кустарниковых Spiraeaceae и в Crepis foetida L., так как при перегонке с водою растения эти дают салициловую кислоту.

Скопарин ($C_{21}H_{22}O_{10}$) [19*] — в Spartium scoparium L.

Флорицин ($C_{21}H_{24}O_{10}+2H_2O$) — в коре корня яблони, груши, вишни и сливы; в меньшем количестве в коре стебля и ветвей этих растений: также в листьях яблони; *Коник* получил из коры корня яблони

от 3 до 5% флорицина, *Даль* из листьев — 0,8%. Один из продуктов распадения флорицина — *флоретин* ($C_{15}H_{12}O_6$), по *Рохледеру*, тоже находится уже готовым в коре яблони.

Щелочи

Наиболее исследованные органические щелочи, находимые постоянно вместе в известных растениях, перечислены отдельными группами; остальные — в алфавитном порядке.

Алкалоиды опиума

Встречающаяся в продаже под именем опиума твердая масса есть не что иное, как млечный сок Papaver somniferum, который извлекают из растения, надрезая незрелые его коробочки; из пораненных мест вытекает густая жидкость, которая свертывается и твердеет на воздухе; ее собирают и формуют. В опиуме найдено 7 алкалоидов.

Морфин ($C_{17}H_{19}NO_3$); лучший сорт опиума содержит от 10 до 15% этого алкалоида. Морфин находится во всех других органах Papaver Somniferum L. вместе с другими алкалоидами, а также в Argemone mexicana Tourn. Остальные шесть алкалоидов следующие: *кодеин* ($C_{18}H_{21}NO_3$), *тебаин* ($C_{19}H_{21}NO_3$) [20*], *папаверин* ($C_{20}H_{21}O_4$), *наркотин* ($C_{22}H_{23}NO_7$), *криптопин* ($C_{23}H_{25}NO_5$)[21*] и *нарцеин* ($C_{23}H_{29}NO_9$).

Алкалоиды Chelidonium

Хелеритрин ($C_{19}H_{17}NO_4$) [22*], встречающийся, кроме того, в Sanguinaria canadensis L. и Glaucium luteum Scop.

Хелидонин ($C_{19}H_{17}N_3O_3 + H_2O$) [23*].

Количество обоих алкалоидов в Chelidonium majus L. варьирует между 0,3 и 1%; при начале цветения оно убывает: через несколько дней вновь увеличивается.

Алкалоиды Strychnos

Стрихнин ($C_{21}H_{22}N_2O_2$) — преимущественно в стручках Strychnos Ignatii Berg., Strychnos Nux vomica L., в корне S. colubrina L. в S. Tieuté Lesch.

Бручин ($C_{23}H_{26}N_2O_4+H_2O$) постоянный спутник стрихнина; в семенах Ignatia amara L. *Пеллетье* и *Кавенту*, а также и *Гейзелер* нашли 1½% стрихнина; *Петтенкофер* — 1,4%; *Мейер* нашел в 2—3 раза более бруцина, чем стрихнина; напротив того, в Strychnos Nux vomica L. бруцин, по-видимому, преобладает сравнительно со стрихнином. По исследованиям *Зонненштейна*, бруцин в присутствии слабой азотной кислоты переходит в стрихнин, выделяя воду и углекислоту.

Курарин, обусловливающий действие яда кураре,— в млечном соке некоторых видов Strychnos.

Алкалоиды Cinchona

Они находятся преимущественно в коре хинного дерева в соединении с хинной кислотой. Из них главнейшие: *хинин* ($C_{20}H_{24}N_2O_2+3H_2O$) и *цинхонин* ($C_{20}H_{24}N_2O$) [24*]. Из видов Cinchona особенно замечательны по содержанию этих алкалоидов Cinchona Calisaya var. vera Wedd. и Cinchona condaminea Hb. О распределении алкалоидов в Cinchona см. ниже.

Кора ствола содержит сравнительно больше хинина; в коре ветвей и побегов преобладает цинхонин. Наилучшая кора Cinchona Calysaya var. vera Wedd. дает 2,7% хинина и 0,26% цинхонина. По определению *де Фриза*, кора корня многих Cinchona богаче алкалоидами, чем кора стебля. Кроме этих двух наиболее исследованных, найдены в хинной коре еще следующие алкалоиды: хинидин, гидроцинхонин, цинхонидин и хиноидин.

Алкалоиды Veratrum

Вератрин ($C_{32}H_{52}N_2O_8$) — в семенах Sabadilla officinalis Brandt, в корневище Veratrum album Bernh., V. Lobelianum Bernh., V. viride; из семян Sabadilla officinalis Brandt удалось получить от 0,3 до 0,4% вератрина.

Иервин ($C_{30}H_{46}N_2O_3$) [25*] — только в Veratrum album Bernh.

Алкалоиды Berberis

Берберин ($C_{20}H_{17}NO_4$) [26*] — в корне, коре, цветах, незрелых ягодах Berberis vulgaris L.; также в корнях Cocculus palmatus L., в коре Xanthoxylum clava Herculis L., в коре Geoffroya jamaicensis Murr., в Podophyllum peltatum L., Leontice thalictroides L., Jeffersonia diphylla Pers., в коре Coelocline polycarpa DC., в корне Hydrastis canadensis L., Xanthoriza apiifolia Herit., Coptis Teeta, в древесине Cascinium fenestratum Colebr. и в некоторых других растениях. Из этого перечня видно, что берберин в противоположность другим алкалоидам встречается не только в разных родах одного и того же семейства, но и в различнейших семействах.

Оксиакантин вместе с берберином — в корне Berberis vulgaris L.

Из других алкалоидов наиболее изучены следующие.

Аконитин ($C_{27}H_{40}NO_{10}$) [27*] — в вегетативных, как надземных органах, так и в корне Aconitum Napellus L.; в небольшом количестве — в A. Staerkianum Reicht., A. variegatum L., A. paniculatum L. и A. Anthara L. Количество аконитина, найденное в корне Aconitum Napellus, простирается от 0,42 до 0,2%. Из 250 г свежих листьев *Шёнбродт* получил 0,3 г аконитина в мелких иглах и почти столько же маслообразного основания, которое он рассматривает как неочищенный аконитин.

Атропин ($C_{17}H_{23}NO_3$) — во всех органах Atropa Belladona L., Datura Stramonium L. и в семенах Datura arborea L. По *Лефорту*[20], содержание его в листьях Atropa Belladona в разное время различное; всего больше в период между цветением и созреванием. Листья, высушенные при 100°, оказались содержащими 0,48% атропина; из корня иногда получалось в 2 раза больше атропина, чем из листьев, но содержание его в корне тоже было непостоянное. *Шютц*[21] в разновидности Atropa Belladona с желтовато-зелеными цветами нашел 4% атропина. *Проктер* из сушеного корня Atropa Belladona добыл $^1/_3$% атропина. *Гюнтер* произвел сравнительное исследование над содержанием атропина в различных частях Atropa Belladona и нашел в листьях — 0,2%, в стеблях — 0,042%, в семенах — 0,335%, в зрелых плодах — 0,21%, в незрелых плодах — 0,196%, в корне — 0,062%; Datura Stramonium заключала в листьях 0,076%, в стеблях — 0,018%, в семенах — 0,255%, в корнях — 0,024% атропина.

Бетаин, -лицин, или *оксиневрин* ($C_5H_{11}NO_2$),—в соке свекловицы.

Гармалин ($C_{13}H_{14}N_2O$) с алкалоидом *гармином* — в семенах Peganum Harmala L.; семена содержат до 4% этих алкалоидов вместе; $^2/_3$ всего количества составляет гармалин. Оба алкалоида находятся почти исключительно в кожуре семени; в зародыше только следы их.

Гиосциамин ($C_{15}H_{23}NO_3$) [28*] в наибольшем количестве — в семенах, в меньшем — в других частях Hyoscyamus niger L. и H. albus L.; *Шёнбродт* получил из свежего растения 0,143% гиосциамина, из свежих семян — 0,52%. *Торей* из свежих семян — только от 0,057 до 0,160%; из сушеных листьев, снятых с растения до цветения,— от 0,188 до 0,208%.

Дельфинин ($C_{24}H_{35}NO_2$) [29*] — в семенах Delphinium Staphisagria L. вместе с алкалоидом *дельфиноидином* и *стафисагрином.* По *Эрдману*, дельфинин содержится в этих семенах в количестве $^1/_{10}$%. *Маркизу* удалось получить от 0,839 до 1,148% этих алкалоидов; смесь эта содержала 25% дельфинина, 30% стафисагрина и от 40 до 50% дельфиноидина.

Дулькамарин ($C_{22}H_{34}O_{10}$) [30*] — в Solanum Dulcamara L.

Кокаин ($C_{17}H_{21}NO_4$) вместе с алкалоидом гигрином — в листьях Erythroxylon Coca Lam.; *Лоссен* получил от $^1/_{60}$ до $^1/_5$% кокаина из этих листьев.

Колхицин ($C_{17}H_{19}NO_5$) [31*] — во всех частях, преимущественно же в семенах и луковицах Colchicum autumnale L.

Кониин ($C_8H_{15}N$) [32*] — во всех органах Conium maculatum L.; всего больше в плодах, не совсем еще созревших. Алкалоид этот, по всему вероятию, находится в соединении с яблочной кислотой. *Гейгер* получил по 1 унции кониина из 6 фунтов незрелых и 9 фунтов зрелых семян этого растения; из 100 фунтов листьев получилось едва $^1/_8$ унции кониина. *Барруель* добыл из сухих семян до 4% нечистого кониина;

---

[20] Jus. Jahrb. 1837, p. 431.
[21] Jus. Jahrb. 1877, p. 604.

Шёнбродт получил из свежих листьев до 0,14%, из сухих—до 0,04%; *Вертгейм* добыл из 336 кг свежих семян 700 г чистого кониина.

Конидрин ($C_8H_{17}NO$) — щелочь, изомерная с предыдущей, тоже находится в Conium maculatum L., в цветах и плодах этого растения; *Вертгейм* получил из 336 кг свежих семян, кроме 700 г кониина, еще 40 г совершенно чистого конгидрина; из 280 кг свежих цветов удалось выделить 17 г конгидрина.

Мениспермин ($C_{18}H_{24}N_2O_2$) [33*] — в кожуре семян Menispermum Cocculus L. с алкалоидом параменисперминoм; само же семя содержит микротоксин.

Меркурьялин (CH_5N) [34*] — в Mercurialis annua L. и M. perennis L.

Мускарин ($C_5H_{13}NO_3$) [35*] — в мухоморе.

Никотин ($C_{10}H_{14}N_2$) — в семенах и листьях Nicotiana rustica L., N. macrophylla Lehm. и N. glutinosa L. По определению *Шлёзинга*, гаванский табак содержит 2% никотина, табак из Кентуки — 6,09%, из Виргинии — 6,87%, французский — от 3,21 до 7,96%. *Мейер* указывает на присутствие никотина во всех органах Nicotiana; *Брандт* не нашел его в семенах.

Пиперин ($C_{17}H_{19}NO_3$) — в семенах Piper nigrum L., в початке Chavica officinarum Miq. и Ch. Roxburghii Miq.; в плодах Cubeba Clusii Miq. Из черного и белого перца получается обыкновенно от 2,4 до 3% пиперина; в перце из Суматры оказалось средним числом 8,10% пиперина.

Синапин ($C_{16}H_{23}NO_5$) [36*] — в виде серноцианистого соединения в семенах Sinapis alba L., S. nigra L. и Turritis glabra L.; из 1 фунта семян горчицы удалось *Бабо* получить 0,5 г синапина.

Соланин ($C_{43}H_{71}NO_{16}$) — в ягодах Solanum nigrum L., в различных органах S. Dulcamara L., в клубнях S. tuberosum L., особенно в большом количестве в зимних и весенних побегах; в плодах S. mammosum L. и S. verbascifolium L.; в последних двух растениях соланин находится в виде кислой яблочнокислой соли. По исследованию *Гандта* [22], бóльшая часть соланина в клубне картофеля содержится в кожуре; в молодых клубнях его больше, чем в старых. Показания эти подтверждены *Бахом* [23]; он тоже нашел соланин главным образом в кожуре; внутри клубня соланин оказался только в местах, где сидели стеблевые почки (глазки) картофеля.

Спартеин (физостигмин; $C_{16}H_{26}N_2$) — в Spartium Scoparium L., *Стенхуз* нашел в растениях, выросших в тени, вчетверо меньшее количество спартеина, чем в растениях, выросших на открытом месте. Из 100 фунтов Spartium Scoparium *Мильз* получил 22 $см^3$ спартеина.

Теобромин ($C_7H_8N_4O_2$) — в семенах Theobroma Cacao L., преимущественно в семядолях зародыша, также и в кожуре семени; *Митчерлиху* удалось получить из семядолей этого растения $1^1/_2$% теобромина, из кожуры — 1%. Из 4—5 кг кожуры какао *Донкер* и *Трейман* добыли

[22] *Handt.* Jahresb. d. Agricult. Chem. 1865, p. 121.
[23] *Bach.* Jour. f. pract. Chem. 7; 248 (1873).

13,5 г теобромина. Метиловое соединение его — *метилтеобромин, кофеин, теин* ($C_8H_{10}N_4O_2$) найдено в семенах Coffea arabica L. (до 1%); в меньшем количестве — в листьях этого растения. Листья чайного дерева (Thea chinensis) содержат от 2 до 4% этого алкалоида; кроме того, его нашли в листьях и стебле Ilex paraguensis Lamb. и семенах Cola acuminata R. Br.; в семенах кофе кофеин заключается в виде дубильнокислой соли. Вследствие искусственного получения кофеина при нагревании $C_7H_7AgN_4O_2$ с йодистым метилом его рассматривают как метилтеобромин.

Триметиламин (C_3H_9N) — в листьях Chenopodium vulvaria L.; *Вике* показал, что это соединение вырабатывается желёзками, покрывающими листья этого растения, и что щелочная жидкость, выделяемая цветочным ложем Crataegus oxyacantha L., тоже содержит свободный триметиламин. Эту щелочь удалось найти еще в цветах Crataegus monogyna Jcq., Sorbus aucuparia L.; в соке листьев Beta vulgaris L., Arnica montana L.; в семенах Fagus silvatica L., в небольшом количестве — в Mercurialis annua L. и M. perennis L., в Humulus Lupulus L., именно в лупулине — желтом веществе, выделяемом железистыми листьями хмеля; также в рожках и мухоморе.

Холин, или *неврин* ($C_5H_{15}NO_2$),— в Agaricus Muscaricus L.

Эметин ($C_{15}H_{22}NO_2$) [37*] — в корнях Cephäelis Ipecacuanha Willd., Ronabea emetica Rich. и др.

Эрготинин ($C_{35}H_{40}N_4O_6$) — в рожках (Secale cornutum).

Индифферентные тела

Белковые соединения принадлежат к наиболее сложным органическим соединениям, и их химическое строение очень мало еще выяснено. Известно только, что в состав их, кроме четырех органогенов, входит и сера и что они настолько сходны между собою, что в большей части случаев для различия их служат лишь некоторые физические их свойства, например степень растворимости в разных реактивах, отношение к поляризованному свету и т. п., свойства, зависимые в высокой степени от случайных примесей и, следовательно, не всегда надежные. Частица их, по новейшим исследованиям *Шютценбергера* [24], является весьма сложною. Для одного из представителей этой группы, альбумина (животного происхождения), он дает следующую формулу: $C_{240}H_{387}N_{68}O_{75}S_3$. Поэтому неудивительно, что касательно состава и свойств растительных белковых тел не удалось еще получить вполне согласных показаний, так что оказывается невозможным представить и перечня найденных в растениях соединений. *Ритхаузен* [25], особенно много занимавшийся этим предметом, делит растительные белковые тела на три группы: альбумины, растительные казеины [38*] и клейковины [39*]; между тем *Гоппе-Зейлер* и *Вейль* [26] приравнивают их исключи-

[24] *Schützenberger* Ann. Chim. Plys. S. 5, t. 16; 288 (1879).
[25] *Ritthausen.* Die Eiweiskörper d. Getreidearten, Hülsenfrüchte u. Oelsamen. 1872.
[26] *Weyl.* Zeitschr. f. physiol. Chem. 1; 72 (1877).

тельно глобулинам животного происхождения; описанные же *Ритхаузеном* соединения рассматривают как смеси различных белковых тел, измененных во время их получения употребленными *Ритхаузеном* манипуляциями. *Ритхаузен* [27] настаивает со своей стороны на полной пригодности своего способа их добывания.

Считая этот вопрос открытым, я ограничусь здесь кратким изложением выводов как *Ритхаузена*, так и *Гоппе-Зейлера и Вейля*. Растительные альбумины, казеины и клейковины *Ритхаузен* описывает следующим образом.

Растительные альбумины представляют белковые соединения, растворимые в воде, свертывающиеся в водном растворе при нагревании с образованием осадка, не растворимого ни в очень слабой щелочи, ни в кислоте. Альбумин, встречающийся преимущественно в плазме жизнедеятельных клеток и весьма редко отлагаемый в виде запасного материала, признается в отличие от остальных функционирующим белковым телом. Ввиду, однако, того, что в присутствии различных тел (например, фосфорнокислых солей) и другие белковые соединения, сами по себе нерастворимые в воде, переходят в раствор и также при нагревании могут образовать осадок, сходный с белком, отличие белка [40*] от последних делается иногда довольно затруднительным. Даже сам *Ритхаузен*, различая альбумины пшеницы, лупинуса, гороха, бобов, ячменя, маиса и клещевины, только в трех последних растениях признает существование альбумина несомненно доказанным.

Растительные казеины, между которыми он отличает *легумин* [41*], *конглутин* и *глутен-казеин* [42*], характеризуются тем, что в изолированном состоянии они едва растворимы в воде, между тем как весьма легко переходят в раствор в присутствии очень слабого раствора кали и основных и кислых фосфорнокислых солей. Кислотами и сычугом они осаждаются в виде клочковатого осадка; вследствие постоянного значительного содержания фосфорной кислоты растительные казеины должны быть рассматриваемы как фосфорнокислые соединения белковых тел. От следующей, третьей группы — клейковины они отличаются тем, что при разложении серною кислотою образуют меньшее сравнительно количество кислот аспарагиновой и глютаминовой.

Растительные клейковины (*глютен-фибрин, глиадин*, или *растительный клей*, и *муцедин* [43*]) отличаются от тел обеих предыдущих групп растворимостью в спирте. В свежеосажденном состоянии они представляют тягучую, слизистую массу; в воде они растворимы в разной степени; между тем как фибрин в воде нерастворим вовсе, глиадин и муцедин в ней растворяются, особенно последний; все переходят в раствор в присутствии незначительного количества щелочи или кислоты.

По Вейлю [28] и *Гоппе-Зейлеру* [29], как я указал уже выше, все хорошо исследованные растительные белковые тела вполне тождественны

---

[27] *Ritthausen*. Pflügers Arch. d. ges. Physiol. 21; 81 (1877).
[28] *Weyl*. Pflügers Archiv. 12; его же: Zeitschrift f. physiol. Chemie. B. 1; 72 (1877).
[29] *Hoppe Seiler*. Chem. analyse, p. 229.

с *глобулинами* животного происхождения и должны быть названы растительными *глобулинами*.

Группу *глобулинов* среди белковых тел впервые отличил *Гоппе-Зейлер*; к этой группе он относит соединения, нерастворимые в воде, но растворяющиеся в слабом хлористом натрии, из которого могут быть осаждены водою; в прикосновении с водою они теряют способность растворяться в хлористом натрии, постепенно превращаясь сперва в альбуминаты, а затем в свертывающиеся белковые тела; кислоты и щелочи изменяют их совершенно подобным же образом. Руководствуясь отношением к хлористому натрию, *Гоппе-Зейлер* отличил в животных две группы глобулинов; из них первая, составленная из веттелина и некоторых других тел, характеризуется растворимостью в растворе хлористого натрия всякой концентрации; вторая, к которой относится миозин, осаждается концентрированным раствором хлористого натрия.

Следуя классификации белковых тел, предложенной *Гоппе-Зейлером*, *Вейль* нашел, что белковые тела растений состоят исключительно из глобулинов: виттелина и миозина, тождественных с соответствующими соединениями животных организмов; подобно последним, они, по *Вейлю*, нерастворимы в воде, растворяются в слабом хлористом натрии, из которого осаждают водою; они осаждаются из растворов кислотами уксусной и азотной; средние и подкисленные растворы их свертываются при нагревании, образуя осадок, не растворимый ни в слабых щелочах, ни в кислотах; в прикосновении с водою, кислотами и щелочами переходят в альбуминаты. Выводы свои *Вейль* основывает на исследовании семян овса, маиса, гороха, сладких миндалей, белой горчицы и Bertholletia excelsa.

Существование в растениях альбуминов *Вейль* считает недоказанным; он отрицает также и присутствие в растениях растительных казеинов, принимая тела, полученные прежними исследователями, за продукты разложения глобулинов.

Примечание. О пептонах и ближайших продуктах распадения белковых тел в растениях будет говорено подробно в главе II.

Нуклеин ($C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$) найден в бродильном грибке и в ядрах клеток некоторых тканей, например в клетках кожицы Tradescantia virginica L. и в клетках паренхимы листьев Ranunculus Lingua L., также в ядре делящихся производящих клеток плодотворной пыли Helleborus foetidus L. По всему вероятию, последующие исследования обнаружат более обширное распространение его в растительном царстве.

Пектиновые вещества принадлежат к соединениям, часто встречаемым в растениях, но весьма мало расследованы с химической стороны преимущественно потому, что образуют студенистые массы, лишенные способности кристаллизоваться. Положительно известно только, что они не содержат азота и представляют тела, близкие по составу и свойствам к углеводам. По исследованиям *Фреми*, который более других занимался ими, в состав этой группы тел входит несколько соединений; из них готовыми найдены в растениях: 1) *пектоз* в незрелых плодах;

из него, по *Фреми*, получаются все остальные; 2) *пектин* в соединении с кальцием — в зрелых плодах, например грушах, в корне белой свеклы и 3) *метапектиновая кислота*: а) не действующая на поляризованный свет — во всех переспелых плодах и б) вращающая плоскость поляризации влево — в соке свеклы.

Красящие и горькие вещества

Первые пять принадлежат к безазотистым фенольным краскам; остальные расположены по алфавиту.

Биксин ($C_{15}H_{18}O_4$) — в мякоти плодов Bixa Orellana L.

Бразилин ($C_{22}H_{18}O_7$) — в древесине Caesalpinia Sappan L., C. brasiliensis Sw. и C. echinata Lam.

Гематоксилин ($C_{16}H_{14}O_6+3H_2O$) — в древесине Haematoxylon campechianum L.

Генцианин ($C_{14}H_{10}O_4$) [44*] — в корне Gentiana lutea L.

Картамин ($C_{14}H_{16}O_7$) — лепестках Carthamus tinctorius L. в количестве от $^3/_{10}$ до $^6/_{10}$%.

Ализарин (диоксантрахинон; $C_{14}H_8O_4$) — красящее вещество, в корне Rubia tinctorum L. (краповый корень).

Алоин ($C_{17}H_{18}O_7$) [45*] — в соке мясистых листьев Aloë. По *Флюкигеру*, он заключается в тонкостенных вместилищах, сопровождающих сосудистые пучки в листе и расположенных долевыми рядами в лубовой части пучка.

Атамантин ($C_{24}H_{30}O_7$) [45*] — в корне и зрелых семенах Atamantha Oreoselinum L.

Брионицин ($C_{10}H_7NO_2$) [45*] — в клубнях Bryonia dioica L.

Елатин ($C_{20}H_{28}O_5$) [46*] — горькое вещество, в соке Ecbalium officinale Nees; в выпаренном досуха соке количество его может достигать 50%.

Иваин ($C_{24}H_{42}O_3$) [47*] — в Achillea moschata Jaq.; в этом же растении содержатся маслянистое горькое вещество *иваол* ($C_{24}H_{40}O_2$).

Каротин ($C_{18}H_{24}O$) — в клеточках корня Daucus Carota L. в виде мелких красных кристаллов. Концентрированная серная кислота, йод с серной кислотой, хлорцинкйод, хлорное железо и соляная кислота окрашивают кристаллы в синий цвет.

Квассиин ($C_{10}H_{12}O_3$) [47*] — в древесине и коре Quassia amara L. и Picraena excelsa L.

Колумбин ($C_{21}H_{22}O_7$) [47*] — в корне Cocculus palmatus DC., частью в виде кристаллов.

Куркумин ($C_{10}H_{10}O_3$) — красящее вещество корня Curcuma longa L.

Лазерпицин ($C_{24}H_{36}O_7$) [47*] — в корне Laserpitium latifolium L.

Лутеолин ($C_{20}H_{14}O_8$) — желтый пигмент Reseda odorata L.

Пейцеданин ($C_{16}H_{16}O_4$) [47*] — в корне Imperatoria Ostruthium L. и Peucedanum officinale L.

Пикролихенин ($C_{12}H_{20}O_6$) [47*] — горькое вещество в лишае Variolaria amara Ach.

Пикротоксин ($C_{12}H_{14}O_5$) [48*] — в плодах Anamirta Cocculus W.

Пурпурин ($C_{14}H_8O_3$) и *псевдопурпурин* ($C_{15}H_8O_7$) — в крапе, в свободном состоянии и в виде глюкозида.

Сантонин (ангидрид сантониновой кислоты; $C_{15}H_{18}O_3$) — в Semen Cynae sp. Santonici, в распустившихся цветочных почках Artemisia Cina Berg., A. Contra Vahl. s. A. Vahliana Kastel, A. Sieberi Bess. и A. pauciflora Stechn.

Хлорофилл — наиболее распространенный в растениях пигмент; о его составе, значении и распределении в растениях см. главу III.

Сюда же относятся соланорубин, хризофилл, эритрофилл [49*] и несколько других малоисследованных растительных пигментов.

Б. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ

К совершенно иному приему приходится прибегать при расследовании распределения органических соединений по растению. Искомое тело пе изолируют предварительно, как это делается при макрохимическом исследовании, но стараются распознать его в клетке или разрезе под микроскопом частью по форме отложения, частью по окраске или осадку, вызываемому различными реактивами; прием этот в отличие от предыдущего называют *микрохимическим.* Он имеет свои выгодные и слабые стороны; необходимость определять химический состав тела в смеси со множеством других, частью совершенно даже не расследованных, чрезвычайно усложняет задачу; кроме того, окраска или осадок, получаемые при опытах с химически чистым телом, могут легко оказаться замаскированными или по крайней мере в значительной степени измененными в присутствии других соединений. Наконец, в сравнительно немногих только случаях реакции эти настолько характерны, чтобы служить верным признаком отличия определенного соединения от всех других с ним смешанных тел; этим объясняется малочисленность пригодных микрохимических реакций и невозможность на основании их одних заключать о составе растений. Несмотря на эти существенные недостатки, микрохимические исследования дают весьма ценные указания касательно распределения различных соединений не только по тканям, но и в одной и той же клетке и дополняют весьма важный пробел, оставляемый макрохимическими разысканиями.

При их изложении я буду следовать несколько иному порядку, чем в предыдущем отделе главы; я начну с описания микрохимических реакций и распределения наиболее распространенных групп соединений: белковых тел, углеводов и жиров; от них перейду к группам тел, реже встречаемых (дубильные вещества, кислоты, алкалоиды), и наконец, к отдельным соединениям, легко распознаваемым под микроскопом.

Белковые тела характеризуются следующими микрохимическими реакциями.

Хлористоводородная кислота окрашивает их в фиолетовый цвет; окраска эта выступает при обыкновенной температуре только по прошествии продолжительного времени; кипячением проявление ее ускоряется.

Азотная кислота — в желтый; цвет этот делается гораздо интенсивнее, если через некоторое время слить азотную кислоту и прибавить аммиак.

Крепкая серная кислота в присутствии раствора сахара вызывает розовую окраску белковых тел; препарат оставляют предварительно несколько минут в концентрированном растворе тростникового сахара, пока он им не пропитается, а затем переносят в каплю крепкой серной кислоты; ткани, содержащие белковые тела, через несколько минут принимают превосходный розовый цвет. Ввиду того что некоторые органические соединения (салицин, кониферин, наркотин, вератрин) окрашиваются в розовый цвет от одной серной кислоты, необходимо предварительно убедиться в отсутствии этих соединений, прибавляя к препарату одной серной кислоты.

Безводноуксусная кислота растворяет белковые тела, окрашивая жидкость в фиолетовый цвет.

Раствор йода, как водный, так и спиртовый, окрашивает белковые тела в бурый цвет.

Миллонов реактив (смесь азотнокислой окиси и закиси ртути) — в красный. Реактив этот приготовляют, смешивая равные *по весу* части ртути и крепкой азотной кислоты. Ртуть быстро растворяется с выделением паров азотноватой кислоты; только под самый конец реакции смесь несколько нагревают. После растворения последних следов ртути жидкость разбавляют двойным объемом воды; на дне скапливается кристаллический осадок. По прошествии нескольких часов жидкость сливают с осадка и употребляют как реактив на белковые тела; последние окрашиваются ею в красный цвет, особенно интенсивно при нагревании.

Растворы медного купороса и едкого натра вызывают синюю окраску; для получения ее цельную клетку или разрез опускают на несколько минут в крепкий раствор медного купороса; затем, смыв водою приставшую снаружи жидкость, переносят препарат в кипящий раствор едкого натра; содержащая белковые тела плазма тотчас окрашивается в фиолетовый цвет.

Аммиачный раствор кармина окрашивает белковые тела в интенсивный красный цвет вследствие поглощения кармина белковыми телами; для получения этого реактива растворяют кармин в аммиаке и выпаривают раствор досуха; оставшаяся масса легко растворяется в воде и употребляется как реактив.

К сожалению, вышеприведенные реакции, взятые каждая в отдельности, не вполне надежны и только в совокупности могут служить указанием на присутствие белковых тел. Недостатки их заключаются, по *Саксе*, в следующем: фиолетовая окраска соляной кислотой во многих случаях или вовсе не обнаруживается, или только в очень слабой степени, кроме того, она проявляется и в присутствии некоторых дру-

гих органических соединений (например, кониферина). Из белковых тел глутен-казеин (Риттхаузена) разбухает от соляной кислоты в темно-коричневые клочья с едва заметным фиолетовым оттенком; муцедин дает с ней красновато-бурую жидкость, делающуюся при кипячении красною; фибрин (из маиса) окрашивается в бледно-коричневый цвет; раствор растительного клея овса остается почти бесцветным. Окраска в фиолетовый цвет от медного купороса и едкого натра не только представляется различной по оттенку для разных белковых тел, но может даже быть совершенно или отчасти замаскированной в присутствии углеводов и органических кислот, которые образуют с окисью соединения синего цвета, растворимые в щелочной жидкости; чем больше этих соединений, тем интенсивнее проявляется синяя окраска препарата. Розовую окраску белковых тел смесью сахара и серной кислоты тоже нельзя считать вполне надежною, так как в сходный цвет окрашиваются этими реактивами и жиры. Азотная кислота, йод и кармин окрашивают в соответствующие цвета, кроме белковых тел, и другие органические соединения. Наконец, недостаток Миллонова реактива заключается в его относительно малой чувствительности.

Распознавание отдельных тел белковой группы микрохимическим путем оказывается в настоящее время невозможным, так как вышеприведенные реакции свойственны в большей или меньшей степени всем белковым телам; по форме отложений они также неразличимы, так как, за весьма редкими исключениями, представляют аморфную массу.

Гораздо легче узнаются **углеводы**.

Клетчатка, образуя основу оболочки всякой растительной клетки, легко распознается под микроскопом только в молодых тканях; в клетках же вполне развитых она часто оказывается замаскированной другими соединениями, отлагаемыми в оболочке. Наиболее характерная реакция оболочки, построенной из чистой клетчатки, состоит в окраске йодом и крепкой серной кислотой в темно-синий цвет. Препарат обрабатывают последовательно этими реактивами; сперва погружают его на несколько минут в каплю раствора йода, затем удаляют избыток жидкости пропускною бумагою и переносят на препарат каплю крепкой серной кислоты; для избежания обугливания его вслед за кислотой прибавляют каплю воды; окраска препарата в темно-синий цвет сопровождается значительным разбуханием оболочки клеток.

Сходную окраску вызывает в клетчатке *хлорцинкйод*. Его приготовляют, растворяя цинк в чистой соляной кислоте и выпаривая жидкость с металлическим цинком до консистенции серной кислоты; затем прибавляют йодистого калия и металлического йода до пресыщения раствора. Реактив должен иметь бурый цвет, издавать запах йода и со временем выделять небольшие кристаллы йода.

Раствор йода окрашивает оболочку в цвета желтый и бурый различных оттенков; получаемая иногда синяя окраска оказалась обусловленною присутствием в растворе йода йодистоводородной кислоты, которая образуется в нем со временем, особенно если йодный раствор оставить стоять на свету.

Оболочка клетки или до конца сохраняет состав клетчатки, например в волосках, покрывающих семена хлопчатника (хлопчатой бумаги), в паренхиме коры и сердцевины, или же изменяется со временем в своем составе. Отличают одеревенение, опробкование, ослизнение и окремнение оболочки; во всех этих случаях вышеназванные реактивы или не производят вовсе окраски, или же окрашивают оболочку в бурый цвет.

Обрабатывая одеревеневшую, опробкованную или окремненную оболочку различными реактивами (спиртом, эфиром, щелочами, кислотами), удается извлечь из нее все вещества, за исключением клетчатки, вследствие чего выщелоченная этими реактивами оболочка принимает вновь синий цвет от йода и серной кислоты. Примеси, сопровождающие в оболочке клетчатку, обозначают названием *инкрустирующих* веществ. Только относительно одеревеневшей оболочки имеются исследования, заставляющие рассматривать ее, по крайней мере в некоторых случаях, как определенное химическое соединение — эфир клетчатки.

Первые указания на определенный химический состав древесины сделаны *Шевандье*[30]; он нашел элементарный состав древесины одинаковым у различных древесных пород (в %):

	Углерода	Водорода	Кислорода	Азота
Древесина бука оказалась содержащею	49,89	6,07	43,11	0,93
Древесина дуба	50,64	6,03	42,05	1,28
Древесина березы	50,61	6,23	42,04	1,12
Древесина тополя	50,31	6,32	42,39	0,98
Древесина ивы	51,75	6,19	41,08	0,98

В результате сравнения этих чисел с элементарным составом чистой клетчатки (C=44,44%, H=6,17%, O=49,38%) оказывается, что в одеревеневшей оболочке содержится больше углерода и меньше кислорода, чем в клетчатке.

Анализируя стружки древесины ели, предварительно очищенные обработкой слабой уксусной кислотой, горячей водой, спиртом и эфиром, *Эрдман*[31] получал в остатке твердую массу определенного элементарного состава: C=48,01%, H=6,47% и O=45,28%; он дал этому соединению формулу $C_{30}H_{46}O_{21}$ и назвал его *глюколигнозом.*

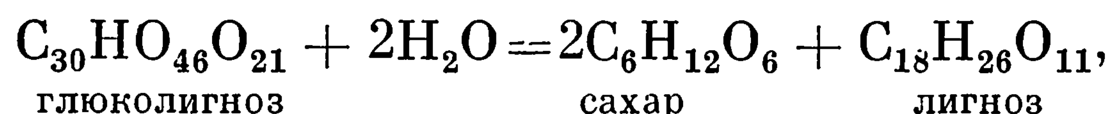
Обрабатывая соляной кислотой, он разложил его на сахар и новое тело состава $C_{18}H_{26}O_{11}$, названное им *лигнозом.* Из последнего *Эрдману* удалось посредством едкого кали получить тело ароматического ряда, близкое к пирокатехину, а подвергая его действию азотной кислоты, изолировать клетчатку. Удостоверившись, что при обработке клетчатки едким кали не получается тел ароматической группы, *Эрдман*

---

30 *Chevandier.* Ann. Chim. Phys. 10; 136 (1844).
31 *Erdmann.* Ann. d. Chem. u. Pharm. 5 Suppl. p. 223 (1867); его же о каменистых клетках в грушах: Ib. 138; 1 (1867).

рассматривает лигноз на основании вышеприведенных реакций как соединение клетчатки с телом ароматической группы.

Результаты *Эрдмана* касательно элементарного состава *глюколигноза*, а также и получения из лигноза тела ароматической группы и клетчатки указанным *Эрдманом* путем были вполне подтверждены *Бенте*[32]. Оказалась только значительная разница в количествах добытых из глюколигноза сахара и лигноза; вместо 56,33% лигноза и 48,51% виноградного сахара, согласно предложенному Эрдманом уравнению



$$\underset{\text{глюколигноз}}{C_{30}HO_{46}O_{21}} + 2H_2O = \underset{\text{сахар}}{2C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{лигноз}}{C_{18}H_{26}O_{11}},$$

Бенте получил около 70% лигноза и 25% виноградного сахара.

К подобному же выводу пришел и *Бальцер*[33] относительно состава древесины ели, вследствие чего он также рассматривает ее как соединение трех тел: клетчатки, сахаристого вещества и тела ароматической группы. Древесина тополя оказалась, по *Бенте*, совершенно сходною по составу с древесиной ели; тем не менее *Бенте* не решается принять одеревеневшую оболочку за определенное химическое соединение.

Для окончательного выяснения этого вопроса требуются новые исследования; обобщение результатов, полученных относительно состава одеревеневшей оболочки древесных пород, является преждевременным; по крайней мере, *Штуцеру*[34] не удалось найти в одеревеневших клетках злаков тела из ароматического ряда; кроме клетчатки, оказались в оболочке только тела, близкие к жирам.

На одеревеневшую оболочку имеются два весьма хороших реактива: 1) *сернокислый анилин*, от которого она принимает золотисто-желтый цвет, между тем как все остальные оболочки остаются неокрашенными, и 2) водный или еще лучше спиртовый раствор *флороглюцина*, который в присутствии соляной кислоты вызывает розовато-красную окраску одеревеневшей оболочки; исследуемый разрез смачивают хлористоводородной кислотой и прибавляют каплю раствора флороглюцина.

Если под рукой не имеется раствора флороглюцина, то можно его заменить водным отваром древесины вишневого дерева, которое содержит его в значительном количестве и поэтому окрашивается соляной кислотой в розовато-красный цвет. Нарезанную на мелкие куски древесину вишни кипятят продолжительное время; сгущенный отвар и служит реактивом. Реакция вишневого отвара на одеревеневшую оболочку впервые была предложена *Генелем*[35]; не выяснив химического состава окрашивающего тела, *Генель* назвал его ксилофилином. *Виснер*[36] доказал, что ксилофилин *Генеля* не что иное, как смесь флороглюцина с небольшим количеством пирокатехина.

---

[32] *Bente.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1875, 476.
[33] *Baltzer.* J. J. 1873; 295. (Vierteljahresschrift d. naturf. Gesellschaft in Zürich, 1872).
[34] *Stutzer.* Land. Vers. 18; 364.
[35] *Höhnel.* Bot. Zeit. 1877; 786 и Sitzber. d. Wien. Ak. 1877; N 23.
[36] *Wiesner.* Sitzber. d. Wien. Ak. 77; 60 (1878) и Dinglers Journ. 227; 397.

Для распознавания одеревеневшей оболочки предложен *Ниглем*[37] индол (C_4H_7N); *Бейер* уже обратил внимание на окрашивание сосновой лучинки в вишнево-красный цвет спиртовым раствором индола, подкисленным соляной кислотой. *Нигль* советует поступать следующим образом: смочить разрез водным раствором индола и затем, покрыв препарат покровной пластинкой, удалить избыток раствора индола пропускной бумагой и прибавить к препарату одну или две капли слабой серной кислоты. Одеревеневшие оболочки окрашиваются при этом в вишнево-красный цвет. В глицерине удается сохранить эту окраску долгое время. Указание *Нигля*, что индолом вызывается иногда окраска клеток кожицы и кутикулы, в которых посредством других реактивов не получается реакции на одеревеневшую оболочку, заставляет пока относиться к употреблению индола с большою осторожностью.

Крахмал встречается в растениях всегда в содержимом клетки в виде крупинок или зерен, в большей части случаев легко распознаваемых по строению и синей окраске от йода. Микрохимические реакции на крахмал весьма характерны и чувствительны.

Раствор йода, водный или спиртовый, вызывает темно-синюю окраску. Хотя в воде йод и весьма мало растворяется, тем не менее водный раствор в большинстве случаев оказывается вполне пригодным; положенные в воду кристаллы йода через несколько дней окрашивают жидкость в желтовато-бурый цвет; зерна крахмала окрашиваются ею немедленно в темно-синий цвет. Для получения более концентрированного водного раствора йода предварительно растворяют в воде йодистый калий и затем уже прибавляют йод. Реактив этот приготовляют, растворяя в 15 г дистиллированной воды 20 сантиграммов йодистого калия и 5 сантиграммов йода. Хотя спиртовый раствор йода (тинктура йода) и окрашивает зерна крахмала в синий цвет столь же сильно и быстро, как и водный раствор, но последний заслуживает предпочтение, так как при этом не получается осаждения йода в микроскопических кристаллах, неизбежного при употреблении йодной тинктуры.

Раствор едкого кали производит быстрое разбухание крахмальных зерен. Комбинацией этих двух реактивов пользуются для распознавания мельчайших крупинок крахмала, которые даже при сильном увеличении представляются точками; вследствие их незначительного размера невозможно судить о степени окраски их йодом. Чтобы сделать ее видимой, разрез погружают в каплю раствора едкого кали; крупинки крахмала немедленно разбухают; препарат промывают сперва водою, потом слабой уксусной кислотой и прибавляют раствор йода; крупинки крахмала представляют после этой обработки расплывчатые массы, ясно окрашенные в синий цвет.

Бóльшая часть физиологов, следуя указанию *Негели*[38], признает крахмальные зерна построенными из двух углеводов: *гранулезы* и *крахмальной клетчатки*[50*]. *Негели* принимает, что оба они входят в состав

[37] *Niggl.* Flora. 1881, p. 545.
[38] *Nägeli.* Stärkekörner, p. 183.

каждой молекулы крахмального зерна, хотя и не везде в одинаковой пропорции; в наружных слоях зерна, по его мнению, преобладает клетчатка, во внутренних — гранулеза. *Негели* указал способ их разъединения посредством мацерации зерен крахмала в слюне при температуре 45—50° С; впоследствии оказалось возможным достигнуть этого результата обработкой крахмальных зерен соляной кислотой, а также посредством брожения. Для мацерации крахмальных зерен употребляют 10—15%-ную соляную кислоту или же смесь из 100 частей концентрированного хлористого натрия и 1 части соляной кислоты. Крахмальные зерна при этих манипуляциях сохраняют свои размеры, но в то же время вследствие извлечения из них гранулезы делаются менее плотными и гораздо слабее преломляют свет; по удалении гранулезы они от йода окрашиваются в желтый цвет; синюю же окраску обнаруживают, подобно клетчатке, только при действии йода и серной кислоты [39].

Кроме того, *Негели* удалось получить водный раствор гранулезы, растирая в ступке с водою крахмальные зерна, смешанные с мелким песком; гранулеза переходила при этом в раствор; отделенная от осадка фильтрованием жидкость окрашивалась от йода в синий цвет; из раствора гранулеза может быть осаждена спиртом или таннином.

Преобладающей составной частью крахмальных зерен оказалась гранулеза; по определению *Драгендорфа*, картофельный крахмал содержит только 6%, а пшеничный — около 2% крахмальной клетчатки.

Примечание. К числу весьма редких отложений, сходных с крахмальными зернами по виду и строению, но отличных по химическому составу, относятся описанные *Фогелем* [40] образования, встречающиеся в паренхиме корневища и стебля Spiraea Ulmaria; по отношению к реактивам они, однако, весьма легко распознаются от крахмала: *в воде* они разбухают; *в спирту* растворяются, за исключением, однако, наружного слоя, который только разбухает; *в бензоле* немедленно растворяются с выделением маслообразных капель; кроме того, растворяются легко в эфире, уксусной кислоте, щавелевой, в глицерине и хлористом кальции. В капле масла они представляются зернами белого цвета, частью лежащими свободно, частью слитыми; в живой клетке являются погруженными в желтоватой массе содержимого; на поверхности свободно лежащих зерен удается заметить желтого цвета оболочку. Соли железа, окрашивая их в желто-зеленый цвет, обнаруживают присутствие дубильных веществ; от йода многие зерна, хотя и не все, окрашиваются в цвет синий, подобно крахмальным зернам. Основываясь на этих реакциях, *Фогель* полагает, что описанные образования составлены из глюкозида, легко распадающегося на крахмал и салициловую кислоту.

Сахар тростниковый, глюкоза и *левулеза* встречаются обыкновенно растворенными в клеточном соке; сравнительно редко (по поверхности нектарьев) попадаются в виде кристаллов.

Для распознавания тростникового сахара от двух остальных, а также и для изучения распределения их по тканям прибегают обыкновенно к последовательной обработке препарата раствором *медного купороса* и

---

[39] О различных видоизменениях крахмала см. статью: *W. Nägeli.* Beiträge zur näheren Kenntniss d. Stärkegruppe. Ann. d. Chem. u. Pharm. 173; 218 (1874).

[40] *Vogel.* Bot. Zeit. 1866, p. 1.

едкого кали. Разрез погружают предварительно на несколько минут в концентрированный раствор медного купороса; затем, удалив по возможности приставшую к препарату жидкость, переносят его в кипящий раствор крепкого едкого кали. В клетках, не содержащих сахара, получается черный порошок безводной окиси меди; в присутствии глюкозы или левулезы образуется в клетке обильный мелкий красный осадок закиси меди; в клетках с тростниковым сахаром осадка не получается вовсе; выделенная из медного купороса окись меди удерживается в полости клетки в растворе, образуя голубую жидкость. По предложению *Пфеффера*[41] прибавляют к медному купоросу виннокаменнокислого натрия (Tartarus natronatus аптечный) или же заменяют медный купорос виннокаменнокислой медью, чтобы присутствие сахара, если содержание его незначительно, не было замаскировано черным осадком окиси меди при избытке реактива.

При употреблении этой реакции необходимо иметь в виду, что, кроме сахара, многие другие соединения органические, например таннин, способны раскислять окись меди; только при уверенности в отсутствии последних вышеописанная реакция может послужить верным указанием на распределение сахара по растению.

Инулин в живой клетке находится растворенным в клеточном соке, никогда не образуя твердых отложений. Присутствие его легко обнаруживается, если погрузить содержащую его ткань в крепкий спирт; спирт осаждает инулин в виде больших сферических масс, на первый взгляд сходных с зернами крахмала; сходство это оказывается не только в форме, но и в слоистом строении. От крахмальных зерен отложения инулина отличаются растворимостью в воде; от прибавления к препарату капли воды они мгновенно исчезают; йодом вовсе не окрашиваются. Замечательно, кроме того, что оболочки клеток не представляют препятствия образованию сферических масс инулина; нередко можно встретить шаровидное отложение, общее трем клеткам, с непрерывною шаровидной поверхностью, несмотря на заключенные в нем части стенок смежных клеток (рис. 1).

Примечание. Различные по составу, но сходные по форме с инулином сферокристаллы осаждаются, по показанию *Пфеффера*[42], спиртом в апельсинах. От инулина они отличны тем, что при кипячении с серной кислотой не дают глюкозы; он нашел их как в зрелых, так и незрелых апельсинах, дал им формулу $C_{25}H_{30}O_{13}$, а само тело назвал *гесперидином*. Они оказались также во всех органах Citrus Aurantium и Citrus Limetta, между тем как в C. decumana и C. Bigaradia их найти не удалось.

Сходные с инулином отложения вызываются спиртом, по наблюдениям *Дикштейна*[43], в корневище Canna spectabilis и C. heliconiaefolia и еще у одного неопределенного вида этого рода; от инулина они отличаются тем, что не раскисляют окиси меди в фелинговой жидкости.

---

[41] *Pfeffer*. Prings. Jahrb. 8, 538 (1872).
[42] *Pfeffer*. Bot. Zeit. 1874, 481.
[43] *Dickstein*. Mittheil. d. Univ. Warschau. N 4.

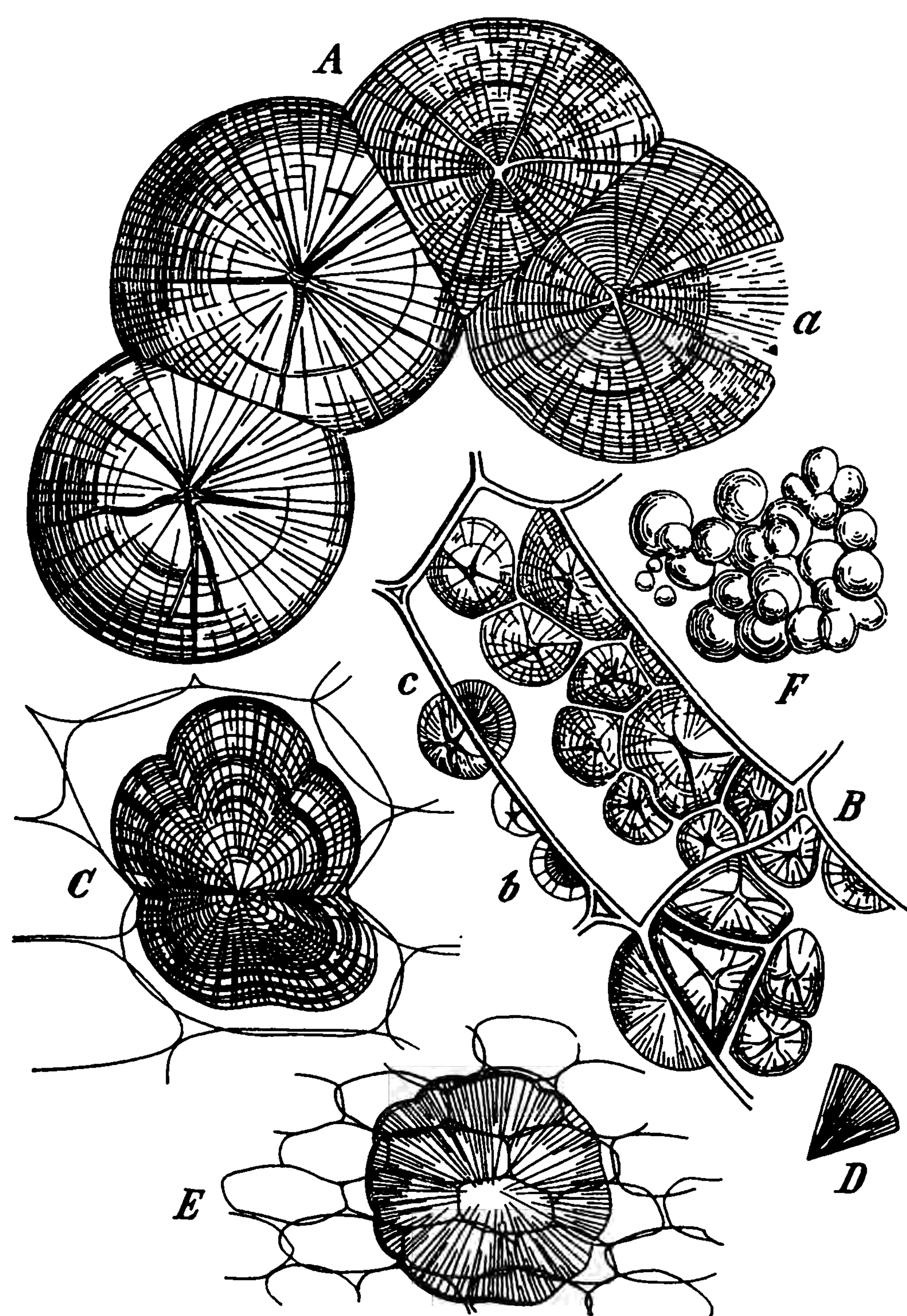


Рис. 1.

Неопределенного состава сферокристаллы найдены *Кальдеруп-Розенвинге*[44] в различных видах Mesembryanthemum, оставленных в спирте. Живые растения не содержали их.

Подробное описание и подразделение сферокристаллов на группы по их строению дает *Мика*[45].

Камеди и растительные слизи, отлагаемые частью в содержимом клеток, частью же в оболочке, не представляют характерных микрохимических реакций, за исключением разве указанной *Ганштейном*[46] окраски гуммиобразных шаровидных масс в розовый цвет от *спиртового раствора смеси анилин-фиолета и розанилина*, взятых в равных количествах.

Жиры отличают под микроскопом по отложению их в содержимом клеток в виде маслообразных капель, легко растворимых в спирте и эфире. Других микрохимических реакций касательно их не имеется, поэтому и сведения о распределении их по тканям растений крайне скудные.

Воскообразные вещества узнаются под микроскопом по строению и легкоплавкости; подробнее говорено будет о них ниже.

Кутин, вещество безазотистое, еще не вполне определенного состава, весьма богатое углеродом, отлагается в оболочке, преимущественно в наружной части клеток кожицы, и распознается по ярко-бурой окраске оболочки от йода и серной кислоты.

На *суберин* (пробковое вещество), пропитывающий оболочку опробкованных клеток, имеется следующая микрохимическая реакция, предложенная *Генелем*[47]: тонкие разрезы с опробкованными клетками кипятят в смеси азотной кислоты и хлорноватокислого калия; неопроб-

---

[44] *Kalderup-Rosenvinge*. Just Jahresb. 1878; 19. (Vindeskab. Meddelels fd. naturhist. Foren i. Kjöbenhavn).
[45] *Mika*. Just Jahresb. 1878; 20. Magyar Növénytany Lapok 1; 93; 2; 1; его же; Eine botanische Studie. Klausenburg, 1878.
[46] *Hanstein*. Bot. Zeit. 1868, 708.
[47] *Höhnel*. Sitzber. d. Wien. Ak. 76; 663 (1877).

кованные слои оболочек растворяются; места же, содержащие суберин, выделяют цериновую кислоту в виде шаровидных масс, которые вначале представляют зернистое строение, а впоследствии делаются однородными.

Дубильные вещества представляют несколько характерных окрашиваний, по которым они легко распознаются под микроскопом.

Раствор сернокислой окиси железа окрашивает некоторые из них в синий, другие в зеленый цвет.

Раствор едкого кали — в красновато-бурый цвет.

Раствор двухромовокислого калия переводит дубильные вещества в нерастворимое, студенистое соединение, неспособное проникать сквозь оболочки клеток. По мнению *Шелля*, специально занимавшегося дубильными веществами растений, из всех реакций только последняя, предложенная *Санио*, может считаться надежной, так как два предыдущих реактива не устраняют возможности диффузии дубильных веществ в смежные клетки.

На смолы имеются два микрохимических реактива.

1. *Спиртовый раствор альканны*; на исследуемый разрез кладут кусочек корня альканны и прибавляют несколько капель спирта. Смолистые отложения в плазме окрашиваются в красный цвет; по обнаружении окраски препарат промывают спиртом; окрашенные места плазмы сохраняют свой цвет [48].

2. *Спиртовый раствор смеси анилинфиолетовой краски и розанилина*, взятых в равном количестве; смолистые части плазмы окрашиваются ими в синий цвет (реактив *Ганштейна* [49]).

К микрохимическим реакциям относятся предложенные *Бородиным* [50] приемы распознавания аспарагина, тирозина, лейцина в пластинках, вырезанных из растений; прием этот отличается от предыдущих тем, что вышеназванные соединения расследуются вне тканей, их заключающих, и получаются в виде кристалликов на стекле вокруг препарата. Особенно характерны реакции на аспарагин; к разрезу прибавляют каплю крепкого спирта и, покрыв ее покровной пластинкой, дают ей высохнуть; если вырезанная пластинка содержит аспарагин, то находят кристаллики его осевшими как на предметном стекле, так и на покровной пластинке. Они отличаются, во-первых, тем, что при нагревании до 100° С теряют кристаллизационную воду и плавятся, принимая вид маслообразной капельки, растворимой в воде; из воды удается вновь получить кристаллы аспарагина. Если же их нагреть до температуры 200° С, то они, плавясь, буреют и превращаются в массу, нерастворимую в воде. Для отличия кристаллов аспарагина от различных других тел, выкристаллизовывающихся обыкновенно единовременно с ним, Бородин употребил насыщенный раствор аспарагина; в капле этого раствора почти мгновенно растворялись кристаллики, не принадлежавшие

---

[48] *Müller*. Pringsh. Jahrb. 5, 387.
[49] *Hanstein*. Bot. Zeit. 1868, 708.
[50] *Borodin*. Bot. Zeit. 1878, 801.

аспарагину, между тем как кристаллы аспарагина не только не растворялись, но даже обнаруживали увеличение объема. Подобный же прием был им впоследствии применен с успехом для распознавания осадков тирозина и лейцина.

Одним из наиболее интересных результатов расследований химического состава растений является определенное распределение органических и минеральных соединений не только по тканям, но и внутри каждой растительной клетки.

Распределение органических соединений в клетке

Еще в сороковых годах *Молю* и *Пайену* удалось показать, что основу оболочки растительных клеток составляет клетчатка; оболочки молодых клеток, за исключением только самого наружного слоя, обыкновенно кутикуляризованного во всей толще, состоят из клетчатки; в выросших клетках сравнительно редко оболочка представляет состав химически чистой клетчатки (волоски семян хлопчатника); изменения в ее составе вызываются частью отложением различных других соединений, которые могут вступать в химические соединения с клетчаткой (см. выше), частью превращением клетчатки в гуммиобразную массу, вследствие чего оболочка ослизняется.

Совершенно другие соединения входят в состав содержимого клетки. Для выяснения состава содержимого я изложу вкратце его строение. В содержимом клетки отличают: а) *периферическую плазму*, которая прилегает непосредственно с внутренней стороны к оболочке и выстилает ее непрерывным слоем; б) *ядро с ядрышком,* помещенное или в центре клетки (ядро центральное), или в периферической плазме (ядро стенкоположное), и в) *клеточный сок,* водянистую жидкость, которой выполняется остальная полость клетки (см. рис. 2).

Периферическая плазма обнаруживает в большей части случаев дифференцировку на два слоя: наружный (кожистый) и внутренний (зернистый). Из них кожистый слой представляет полужидкую, прозрачную стекловидную массу; внутренний, напротив того, является мелкозернистым от множества мельчайших бесцветных крупинок, к которым обыкновенно примешаны различные другие более крупные образования. О химическом составе кожистого слоя не имеется еще вполне надежных данных; по исследованиям *Диппеля*[51], кожистый слой часто не показывает реакции белковых тел и остается бесцветным, в то время как внутренний содержит их в значительном количестве и принимает от микрохимических реактивов свойственные белковым телам окраски.

На этом основании *Диппель* рассматривает кожистый слой за химически измененную плазму, в которой белковых тел или вовсе нет, или только едва заметное количество; слой этот, превращающийся со временем в оболочку, состоит, по его мнению, преимущественно

[51] *Dippel.* Microscop 2, 18.

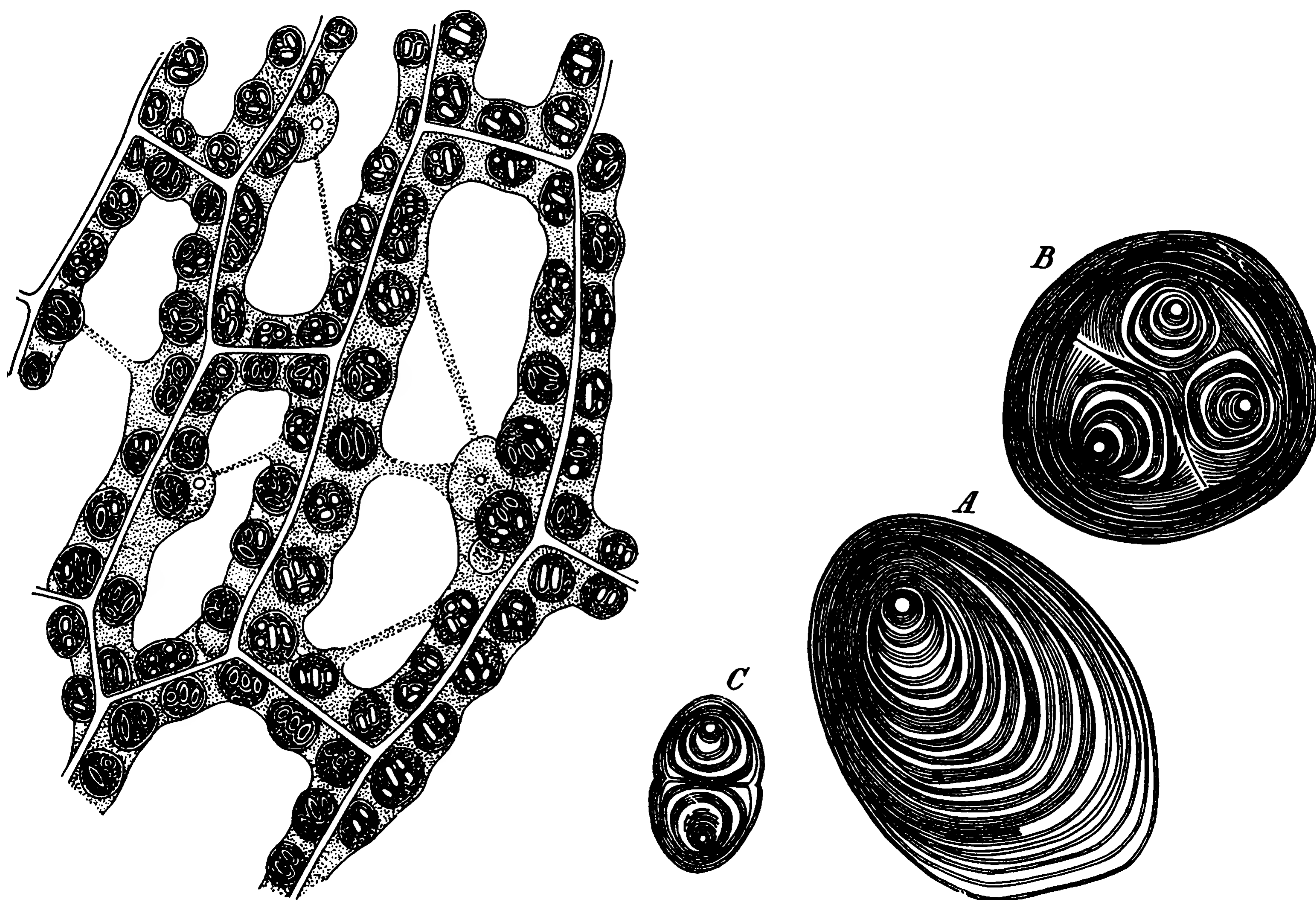


Рис. 2. Funaria hygrometrica. Клетки листовой пластинки

В каждой легко отличимы: оболочка, слой плазмы, ядро и зерна хлорофилла (крахмалообразователи) с отложениями крахмала

Рис. 3. Крахмальные зерна из клубня картофеля

А — простое крахмальное зерно; *В* — полусложное; *С* — сложное

из углеводов, между тем как внутренний построен главным образом из белковых тел. Напротив того, *Пфеффер* [52], основываясь на микрохимических реакциях кожистого слоя, считает его построенным из белковых тел, различающихся, однако, нерастворимостью в щелочах и кислотах от белковых соединений остальной плазмы.

Примечание. Совершенно иной взгляд на строение плазмы (и ядра) высказан был в последнее время *Фроманом* [53] и некоторыми другими исследователями. *Фроман* рассматривает плазму как смесь двух веществ, различных по плотности; более плотному соединению он приписывает сетчатое строение из мельчайших палочек, слитых между собою концами; петли этой сети выполняются, по его представлению, менее плотною, аморфною составною частью плазмы. Подобное строение приписывает он и зернам хлорофилла, и ядру клетки. Воззрение это требует еще тщательной проверки.

---

[52] *Pfeffer.* Pflanzenphysiol. 1, 38.

[53] *Frommann.* Beobacht üb. Structur u. Bewegungserscheinungen d. Protoplasma d. Pflanzenzellen, Jena, 1880.

Зернистый слой плазмы обыкновенно является еще дифференцированным на участки, резко оконтурованные и давно уже известные под названием *зерен хлорофилла*; среди бесцветной плазмы они одни окрашены в зеленый цвет. В последнее время *Шимпер*[54] показал, что и в большей части клеток, лишенных хлорофилла, плазма представляет подобную же дифференцировку, только труднее заметную по отсутствию окраски обособленных участков. Полное соответствие между этими бесцветными участками плазмы и зернами хлорофилла сказалось в том, что при действии света удалось вызвать в них зеленую окраску и превратить их в типичные зерна хлорофилла.

Особенно интересная аналогия проявилась между бесцветными участками плазмы и зернами хлорофилла по отношению к образованию крахмальных зерен. Уже *Мульдер* и *Моль* заметили внутри зерен хлорофилла крахмальные отложения и старались установить между ними генетическую связь; впоследствии *Сакс* выяснил условия образования крахмала в зернах хлорофилла под влиянием света из углекислоты и воды и указал на зерна хлорофилла как на единственные места, где отлагается крахмах в клетках хлорофиллоносной ткани. Относительно образования крахмальных зерен в клетках, не содержащих хлорофилла, не имели ясного представления до появления работы *Шимпера*; ему удалось показать, что в бесцветной ткани зерна крахмала образуются также исключительно в участках плазмы, соответствующих зернам хлорофилла и отличающихся от последних только отсутствием окраски; на основании всего вышесказанного *Шимпер* предложил обозначать эти участки независимо от окраски общим именем *крахмалообразователей*, подразделяя последние на окрашенные (зерна хлорофилла) и бесцветные. Таким образом, среди плазмы имеются точно обозначенные места отложения крахмала; вне их крахмал не встречается вовсе. Зерна крахмала малых размеров легко распознаются по синей окраске от йода и по разбуханию в едком кали; более крупные зерна обнаруживают, кроме того, слоистое строение. На прилагаемом рис. 3 изображены главнейшие видоизменения их формы; зерно крахмала (*A*), составленное из концентрических наслоений, сгруппированных вокруг одного центра, называют *простым*; зерно с двумя или более центрами отложения — *сложным* (*C*); если же, кроме слоев утолщения, расположенных концентрически вокруг каждого из центров, на поверхности зерна находятся слои, окружающие все зерно, то его называют *полусложным* (*B*).

Кроме хлорофилла и крахмала, в крахмалообразователях попадаются иногда и пигменты желтый, оранжевый и розовый (см. об этом в главе III).

Пигменты красный и синий, за весьма редкими исключениями, являются растворенными в клеточном соке, не окрашивая живой плазмы клетки вследствие непроницаемости ее для этих пигментов. В клеточном же соке встречаются растворенными также тростниковый и виноградный сахар, инулин и минеральные соли. Гуммиобразные тела и смолы, на-

[54] *Schimper*. Bot. Zeit. 1881, p. 185.

против того, отлагаются в разных частях клетки, в содержимом и в толще оболочки.

В зернистом слое плазмы встречаются и *жиры* в виде маслянистых капель различных размеров. О местах их образования в содержимом клетки не имеется точных сведений. По наблюдениям *Бородина*[55], у Vaucheria sessilis они заменяют крахмал и, подобно последнему, появляются внутри зерен хлорофилла; относительно же высших растений (Allium, Musa и др.), не заключающих, подобно Vaucheria sessilis, крахмала в зернах хлорофилла, имеются показания противуречивые; *Голле*[56] и *Годлевский*[57] утверждают, что находимые в них жирные тела не выполняют функции крахмала и образуются вне зерен хлорофилла.

Показания *Гартига*[58] об отложении в плазме дубильных веществ в виде зерен (Germbehl) не подтвердились. *Шелль* и *Негели* находили их в клетках только растворенными в клеточном соке; твердые отложения, принятые *Гартигом* за зерна дубильного вещества, они рассматривают за образования посторонние, только пропитанные дубильными веществами, и этим объясняют окраску отложений микрохимическими реактивами в цвета, соответствующие дубильным телам.

Весьма любопытные данные о составе ядра на основании микрохимических разысканий сообщает *Захариас*[59]: он нашел в нем значительное содержание нуклеина, между тем как в других частях клетки его вовсе не оказалось; для открытия *нуклеина*[51*] он воспользовался следующими микрохимическими реакциями: 1) нуклеин не растворяется в желудочном соке; 2) растворим в значительной степени в воде и вовсе не растворяется в слабых кислотах; 3) напротив того, слабый раствор щелочей, аммиак и крепкие кислоты, азотная и соляная, растворяют его весьма легко; 4) раствор хлористого натрия превращает его в тягучую слизь; 5) йод окрашивает его в желтый, а 6) Миллонов реактив — в красный цвет. Подвергая препараты последовательному действию вышеприведенных реактивов, *Захариас* нашел нуклеин в ядрах клеток кожицы Tradescantia virginica и в клетках паренхимы молодых листьев Ranunculus Lingua. Особенно интересны данные, сообщаемые *Захариасом* относительно ядер в делящихся, производящих клетках плодотворной пыли[52*] Helleborus foetidus; ядра имели описанную *Страсбургером* форму бочонка со сквозною стенкою из питей плазмы и с зернистою пластинкой посредине (рис. 4). Препарат был предварительно подвергнут в продолжение 24 часов действию безводного спирта; при погружении в каплю желудочного сока нити ядра постепенно стушевывались и через некоторое время совершенно исчезли; вещество зернистой пластинки приняло, напротив того, чрезвычайно ясный контур. От соляной кислоты получилось обратное: зернистая пластинка исчезла, между тем как нити ядра

---

[55] *Borodin.* Bot. Zeit. 1878, 497.
[56] *Holle.* Flora, 1877, 113.
[57] *Gadlevski.* Flora, 1877, 215.
[58] *Hartig.* Anatomie u. Physiol. d. Holzpflanzen, 1878.
[59] *Zacharias.* Bot. Zeit. 1881, 169.

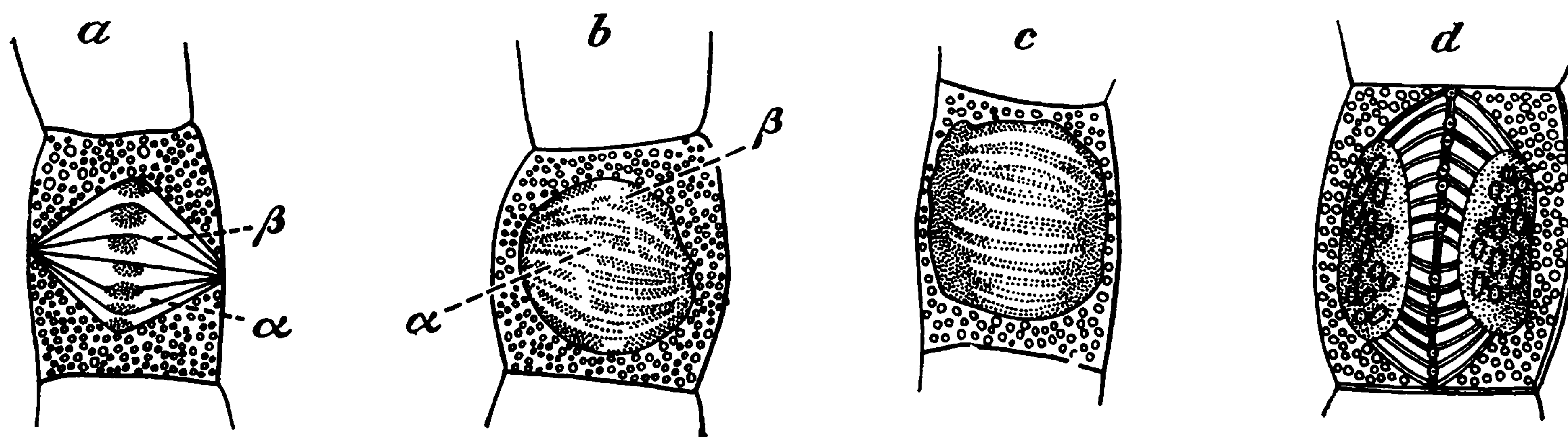


Рис. 4. Iris pumila. Четыре стадии деления ядра

Затушеванные места ядра заняты массою, из которой в рис. *a* построена средняя пластинка (α); соответствующею буквою обозначено распределение ее массы в последующих стадиях развития; вещество это обнаруживает реакцию нуклеина; β — нити ядра

сохранили без изменения резкое очертание, сходное действие оказал и раствор фосфорнокислого натрия. Из этих реакций *Захариас* заключил о присутствии нуклеина в зернистой пластинке и отсутствии его в нитях ядра.

Кроме вышеописанных отложений, встречаются в содержимом клеток белка и семядолей громадного числа семян округлые образования, открытые *Гартигом* и названные им *зернами алеурона*; за весьма немногими исключениями они представляют одну из форм отложений запасного материала и отсутствуют в жизнедеятельных клетках.

Зерна алеурона имеют форму округлую, большею частью бесцветны, редко окрашены. Примерами окрашенных могут служить желтые зерна у Lupinus и Frangula, буро-красные — у Arachis, Theobroma, Myrthus Pimenta, розово-красные — у Laurus indica, L. nobilis, Hibiscus, зеленые — у Knautia, Pistacia, индиго-синие — в наружных слоях клеток семян Cheiranthus annuus, Panax и Knautia. Размеры их колеблются между 55 и 1 мкмм (в диаметре). На поверхности зерна часто удается наблюдать отличную от содержимого оболочку, которую *Пфеффер*[60] рассматривает за нормальную составную часть зерна алеурона, между тем как *Вейль*[61] утверждает, что она — искусственный продукт и что не измененные обработкой реактивами зерна алеурона оболочки не имеют. Массу зерна составляет в большей части случаев белковое вещество, легко растворимое в воде и аморфное, в котором, однако, удается подметить слоистое строение, если предварительно оставить зерно на продолжительное время в спирте, подкисленном серною кислотою, и затем перенести в воду. Особенно ясно это видел *Пфеффер* в зернах Paeonia peregrina и P. humilis. В аморфном веществе зерна алеурона находятся всегда различные твердые отложения; чаще всего попадаются шаровидные или бисквитообразные тела — *глобоиды* без кристаллического строения; в зерне алеурона содержится или один крупный глобоид,

[60] *Pfeffer*. Pringsh. Jahrb. 8, 499 (1872).
[61] *Weyl*. См.: Zeitschr. f. physiol. Chem. (Hoppe Seiler). 1; 72 (1877).

или же много мелких. По *Пфефферу*, в состав глобоида входят магнезия, известь, фосфорная кислота и какое-то органическое соединение. Гораздо реже вместо глобоидов встречаются кристаллы щавелевокислого кальция. В большинстве случаев зерна алеурона не содержат других твердых образований. У некоторых сравнительно немногих растений, кроме глобоидов, в каждом зерне алеурона заключается еще по одному, реже по нескольку кристаллических отложений, особенно интересных тем, что оказались построенными из белковых соединений, которые встречаются обыкновенно только в коллоидальном состоянии. Тела эти, называемые кристаллоидами белковых тел, представляют по форме полнейшее сходство с кристаллами, но отличаются в то же время от последних тем, что могут под влиянием различных реактивов съеживаться и разбухать; в кипящей воде составляющее их белковое вещество свертывается; вследствие этого они делаются непрозрачными и мелкозернистыми; плоскости их становятся выпуклыми, углы округлыми, и в то же время в них проявляется слоистое строение.

Размеры кристаллоида сравнительно с зерном алеурона весьма различны у разных растений; наибольшей относительной величины они достигают в картофельном клубне, где кристаллоид занимает всю полость зерна алеурона, вытеснив вполне аморфное вещество.

По исследованиям *Негели*[62], кристаллоиды обладают двойным лучепреломлением и принадлежат моноклиномерной системе.

Прилагаемый рисунок (рис. 5) изображает зерна алеурона Ricinus communis с глобоидом и кристаллоидом. Зерна алеурона с кристаллоидом были впервые точно списаны и изучены *Гартигом*[63], впоследствии же наиболее обстоятельно расследованы *Пфеффером* в большом числе растений; на с. 489 *Пфеффер* приводит обстоятельный список растений, в семенах которых найдены зерна алеурона им, *Гартигом*[64], *Голле*[65] и *Трекюлем*[66]. В немногих случаях удавалось открывать их в других органах растений. *Варминг*[67] нашел их в зародышевом мешке Cycadeae. *Радлкопфер*[68] нашел их в ядрах клеток Lathraea squamaria; *Клейн*[69] — в ядрах клеток мешкообразных вздутий, которые сидят на листьях Utricularia vulgaris, в кожице семени, в паренхиме листьев и в цветах Pinguicula vulgaris и P. alpina. *Каллен*[70] открыл их в ядрах некоторых волосков Urtica urens, *Фан Тигем*[71] — в гифах Mucorineae: Pilobolus и Mucor. *Клейн*[72] нашел кристаллоиды белковых тел в 20 мор-

[62] *Nägeli.* Sitz. Ber. d. Münch. Ak. 1862, B. 1, 120.
[63] *Pfeffer.* L. c.
[64] *Hartig.* Bot. Zeit. 1855, p. 881 и 1856, p. 257; его же: Entwicklungsgeschichte d. Pflanzenkeims Leipz. 1858, p. 109.
[65] *Trecul.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 10; 355 (1858).
[66] *Halle.* Neues Jahrb. f. Pharm. B. 10; Klein. Flora, 1880.
[67] *Warming.* (Just. Jahresb. 1877, 308).
[68] *Radlkopfer.* Crystalle proteinartiger Körper, 1859.
[69] *Klein.* Bot. Centralbl. v. Uhlworm. 1880; 1401.
[70] *Kallen.* Flora, 1882, 73.
[71] *Van Thiegem.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, T. 1, 5.
[72] *Klein.* Flora, 1877, 289; его же: Anzeigen d. Ungarisch. Ak. d. Wissensch. 13; N 4, p. 85. (Just. Jahresb. 1879; 11).

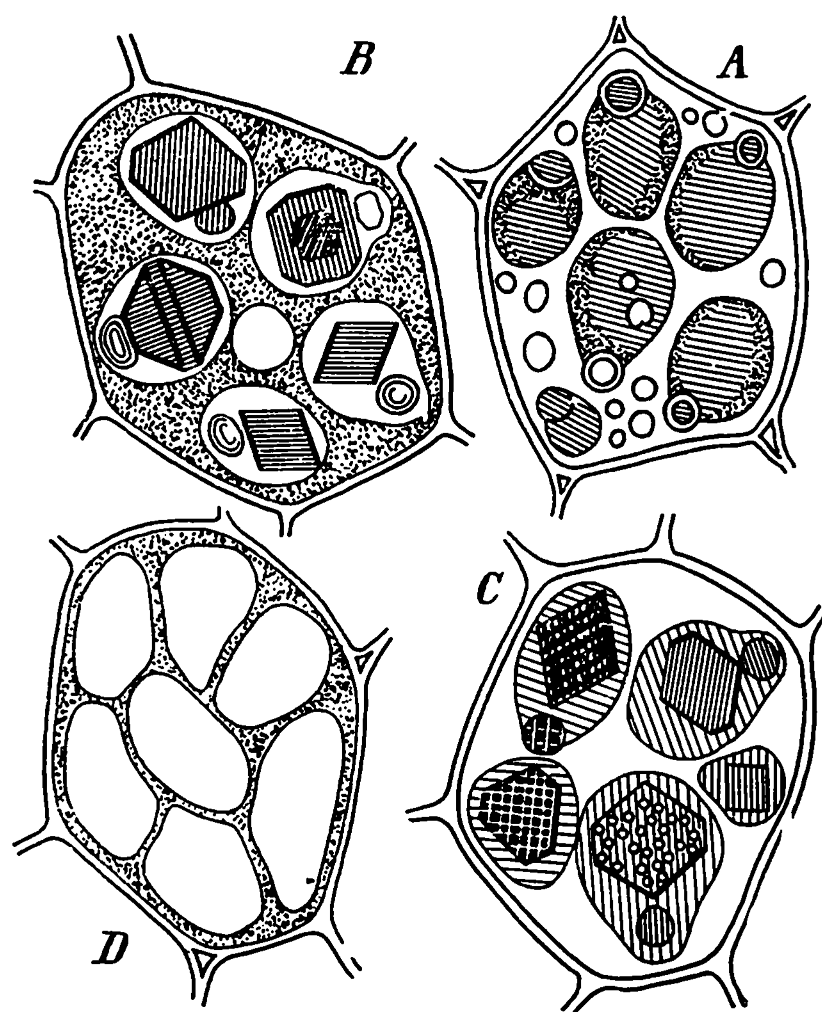


Рис. 5. Ricinus communis. Клетки белка с зернами алеурона

A — в концентрированном глицерине;
B, *C* — в слабом глицерине;
D — зерна алеурона разрушены серной кислотой, уцелела промежуточная плазма.
В клетках *B* и *C* видны в каждом зерне алеурона глобоид и кристаллоид

ских водорослях, из которых 5 принадлежат к зеленым (Acetabularia mediterranea Lam., Bryopsis Balbisiana Lamour., Codium Bursa Ag., Cladophora prolifera Ag.) и 15 — к Florideae.

Зерна алеурона разных растений в различной степени растворимы в воде; зерна Paeonia вполне растворимы, зерна Cynoglossum только разбухают в ней. При кипячении в воде, а равно и при обработке спиртом они все без исключения свертываются, подобно белку куриного яйца, и делаются нерастворимыми в воде. В слабом едком кали, а также и в смеси глицерина с небольшим количеством едкого кали они растворяются вполне, за исключением вышеописанной оболочки. Замечательно, что в воде или крепком растворе едкого кали растворение зерен алеурона идет с поверхности к центру; при действии же весьма слабого раствора кали прежде всего обнаруживается растворение в центре зерна и затем постепенно переходит на наружные его части.

Зерна алеурона весьма бедны содержанием жиров, так как спиртом, эфиром и бензолом извлекается из них лишь весьма небольшое количество вещества.

Вследствие растворимости аморфного белкового вещества в воде строение зерен алеурона исследуют в капле глицерина или прованского масла или же, по указанию *Пфеффера,* предварительно переводят их в нерастворимое состояние, погружая на 12 часов в 2%-ный раствор сулемы; сулему удаляют затем абсолютным алкоголем и свернувшиеся зерна расследуют в воде. Для микрохимических исследований выделяют их обыкновенно из ткани по способу *Гартига*[73]. Измельченную и растертую ткань промывают прованским (оливковым) маслом на полотне до тех пор, пока стекающая жидкость, вначале мутная от увлекаемых зерен алеурона, не сделается светлою. В масле зерна алеурона постепенно оседают на дно сосуда в виде белой порошковатой массы. После того как большая часть их уже осела на дно, масло осторожно сливают сифоном; самый же осадок промывают эфиром до тех пор, пока не удается удалить масло до последних следов. Наиболее пригодным материалом для исследования зерен алеурона могут служить семена Ricinus communis и Bertholletia excelsa.

[73] *Hartig.* L. c.

Этим способом *Машке*[74] и *Саксе*[75] удалось из 100 частей по весу семян Bertholletia добыть от 10 до 14 частей зерен алеурона. В них оказалось от 9 до 12% азота и около 14% золы. *Саксе* принимает в них около 66—69% белковых тел, остальные же 17—20% состоят, по его мнению, из солей металлов с органическими кислотами и отчасти из углеводов.

Из очищенных этим способом зерен алеурона извлекают кристаллоиды по способу *Машке,* нагревая смесь 1 части зерен с 10—12 частями воды в водяной бане при температуре от 40 до 50° С. Кристаллоиды переходят в раствор; жидкость фильтруют через нагретую фильтру и представляют медленному испарению при той же температуре. Выпаривание доводят до конца; из сгущенного раствора оседают на стенках сосуда образования, совершенно сходные с кристаллоидами зерен алеурона. *Саксе* выделял их из сгущенного раствора струей углекислоты, но в этом случае получался осадок иной формы; вместо кристаллов в жидкости появились плоские таблички. Из 20 г зерен алеурона *Саксе* удалось выделить до 5 г кристаллоидов.

Выделенные этим способом кристаллоиды почти не заключали золы. *Саксе* нашел в них следующий элементарный состав: C=(50,75—51,14%); H=(7,16—7,33%); N=(18—18,2%); O=(21,48—21,79%); P_2O_5=(0,79—0,85%); S=(1,30—1,43%) и золы 0,7%, что ясно свидетельствует о принадлежности их к группе белковых тел. Микрохимическое расследование кристаллоидов дало результаты вполне сходные: при обработке зерен алеурона водой кристаллоиды выступают чрезвычайно ясно, между тем как окружающая их аморфная масса растворяется. На изолированных кристаллоидах легко убедиться, что они не растворимы ни в спирте, ни в эфире, ни в глицерине; из микрохимических реакций следующие вполне сходны с реакцией белковых соединений: от йода кристаллоиды окрашиваются в бурый цвет; они поглощают пигменты (кошениль, кармин) из раствора и окрашиваются ими; Миллонов реактив вызывает в них красную окраску; сахар с серной кислотой — розовую. При нагревании в воде до кипения жидкости они свертываются.

Несколько иное строение приписывает зернам алеурона *Вейль*; он утверждает, что они не имеют оболочки на поверхности. По его мнению, описанная *Пфеффером* и другими исследователями оболочка есть продукт искусственный, вызванный реактивами, употребленными для очищения зерен алеурона.

Вейль советует добывать кристаллоиды из семян Bertholletia следующим образом: снять кожуру, разрезать семя на тоненькие пластинки и облить эфиром. Повторенным взбалтыванием жидкости удается получить осадок зерен алеурона на дне сосуда. При этой операции необходимо обращать внимание на то, чтобы эфир не имел ни малейшей кислой или щелочной реакции. Эфир сливают с осадка; оставшуюся часть его удаляют

---

[74] *Maschke.* L. c.
[75] *Sachsse.* Die Chemie u. Physiol. d. Farbstoffe etc. 1877.

испарением; для удаления аморфного белкового вещества осадок взбалтывают с дистиллированною водою; бо́льшая часть аморфного белкового вещества переходит в раствор, между тем как кристаллоиды, глобоиды и куски оболочек (клеток) остаются в осадке. Чтобы отделить кристаллоиды от примесей, полученный осадок обливают 10%-ным раствором хлористого натрия; кристаллоиды в нем быстро растворяются. Жидкость фильтруют; фильтрат разбавляют водой и пропускают струю углекислоты; через некоторое время получается осадок кристаллоидов из химически чистого виттелина без следа оболочки на поверхности. Присутствие оболочки, описанной другими исследователями, *Вейль* объясняет изменением поверхностного слоя кристаллоидов от прикосновения с водою; в подтверждение своего мнения он указывает на то, что после 14-дневного пребывания в воде кристаллоиды настолько изменяются в составе, что оказываются нерастворимыми в 10%-ном растворе хлористого натрия и состоят уже не из виттелина, а из альбуминатов. Соединение кристаллоидов с магнезией получил *Шмидеберг*[76]. Извлечение протеиновых зерен из Bertholletia было им произведено по способу *Гартига* посредством смеси прованского масла и нефтяного эфира (Petroleumäther). Высушенные протеиновые зерна он растворил в воде, нагретой до 30 или 35° С, и, получив посредством центробежной машины прозрачный раствор, осадил его углекислотой; осадок промыл на фильтре водой в 30—35° С и затем прибавил жженой магнезии; при сгущении жидкости получился осадок в виде округлых зернистых масс; при выпаривании же образовались мелкие полиэдрические кристаллы, едва растворимые в воде. *Шмидеберг* рассматривает эти кристаллы за магнезиальное соединение вителлина, при посредстве которого получаются соответственные соединения вителлина с кальцием и барием.

О распределении в клетке минеральных соединений: щавелево- и углекислого кальция, кремнезема и некоторых других см. ниже.

Распределение органических соединений по тканям растений

На предыдущих страницах указаны места нахождения в клетке главнейших органических соединений. Мы видели, что они являются строго разграниченными; из рассмотренных органических соединений только немногие оказались необходимыми составными частями каждой живой клетки и распространенными по всему растению; по отношению к распределению остальных обнаружилось весьма большое разнообразие в клетках различных тканей и органов растений. Немногие имеющиеся в этом направлении исследования сводятся к следующему: основу оболочки растительной клетки составляет клетчатка; поэтому ее находят во всех органах и тканях. Исключение представляет только грибная ткань; оболочка большей части грибных гиф не окрашивается в синий цвет от йода и серной кислоты даже и в том случае, если предварительно про-

[76] *Schmiedeberg*. Zeitschrift. f. physiol. Chem. B. 1; 205. (Just. Jahresb. 1877; 657).

кипятить ее с едким кали или подвергнуть мацерации по способу *Шульце* (в смеси хлорноватокислого калия и азотной кислоты); она почти не разбухает в крепкой серной кислоте и не растворяется в купраммонии. С другой стороны, встречаются гифы, окрашивающиеся от одного йода в синий цвет; подобную же окраску обнаруживают парафизы и аскусы лишайников.

Только в двух случаях удалось *Вильгельму*[77] наблюдать в грибных грифах реакцию клетчатки: от хлорцинкйода — в клетках наружных слоев некоторых склероциев и от йода и серной кислоты — в отдельных гифах Aspergillus ochraceus и в кусках гиф A. niger; при этом, однако, большая часть остального мицелия осталась бесцветною.

В противоположность общепринятому взгляду на состав оболочки грибной ткани *Рейхардт*[78] утверждает, что она также состоит из клетчатки; отрицательный результат предшествовавших разысканий он объясняет тем, что оболочку недостаточно долго мацерировали в едком кали; в грибной ткани, предоставленной действию едкого кали в продолжение нескольких месяцев, ему всегда удавалось вызывать реакции клетчатки. Показания эти, однако, требуют еще проверки.

Различные изменения в составе оболочки, как-то: одеревенение, опробкование и ослизнение — были уже рассмотрены. Здесь остается только привести наблюдения над распределением их по тканям растений.

Одеревенение оболочки, свойственное почти исключительно древесине, было обстоятельно расследовано *Бюргерштейном*[79] с помощью реакции сернокислого анилина. Одеревеневшею оказалась оболочка клеток и сосудов древесины, большей части волокон толстенного луба, а также и многих клеток сердцевины и сердцевинных лучей. Клетки кожицы он нашел одеревеневшими только в крылатом придатке семян хвойных, в волосках стебля Lamium purpureum, в волосках семян Asclepias и в желёзках Lathraea squamaria. Клетки колленхимы и ситовидные элементы вовсе не обнаружили одеревенения, также и клетки грибов и водорослей.

Одеревенение появляется, по *Бюргерштейну,* ранее всего в сосудах, затем в остальных элементах древесины; позже в толстостенном лубе и, наконец, и в клетках сердцевины.

Опробкование проявляется у разных растений в различных тканях; у весьма многих в пробковую ткань превращается кожица, например у Nerium Oleander; у других (Quercus) она образуется из слоя коры, непосредственно прилегающего к кожице; у третьих — из внутренней коры (Rubus и Ribes), наконец, она может образоваться в лубовой части сосудистых пучков, например у Vitis. Кроме того, у одного и того же растения с возрастанием органа изменяются иногда и места образования пробковой ткани. Появление пробковой ткани вызывается при поранении

---

[77] *Wilhelm.* Just. Jahresb. 1877; 306. (Beitr. z. Kenntniss d. Pilzgattung Aspergillus. Inaugur. Dissert).
[78] *Reichardt.* Sitz.-Ber. d. Wien. Ak.
[79] *Bürgerstein.* Sitz.-Ber. d. Wien. Ak. 70; 338 (1874).

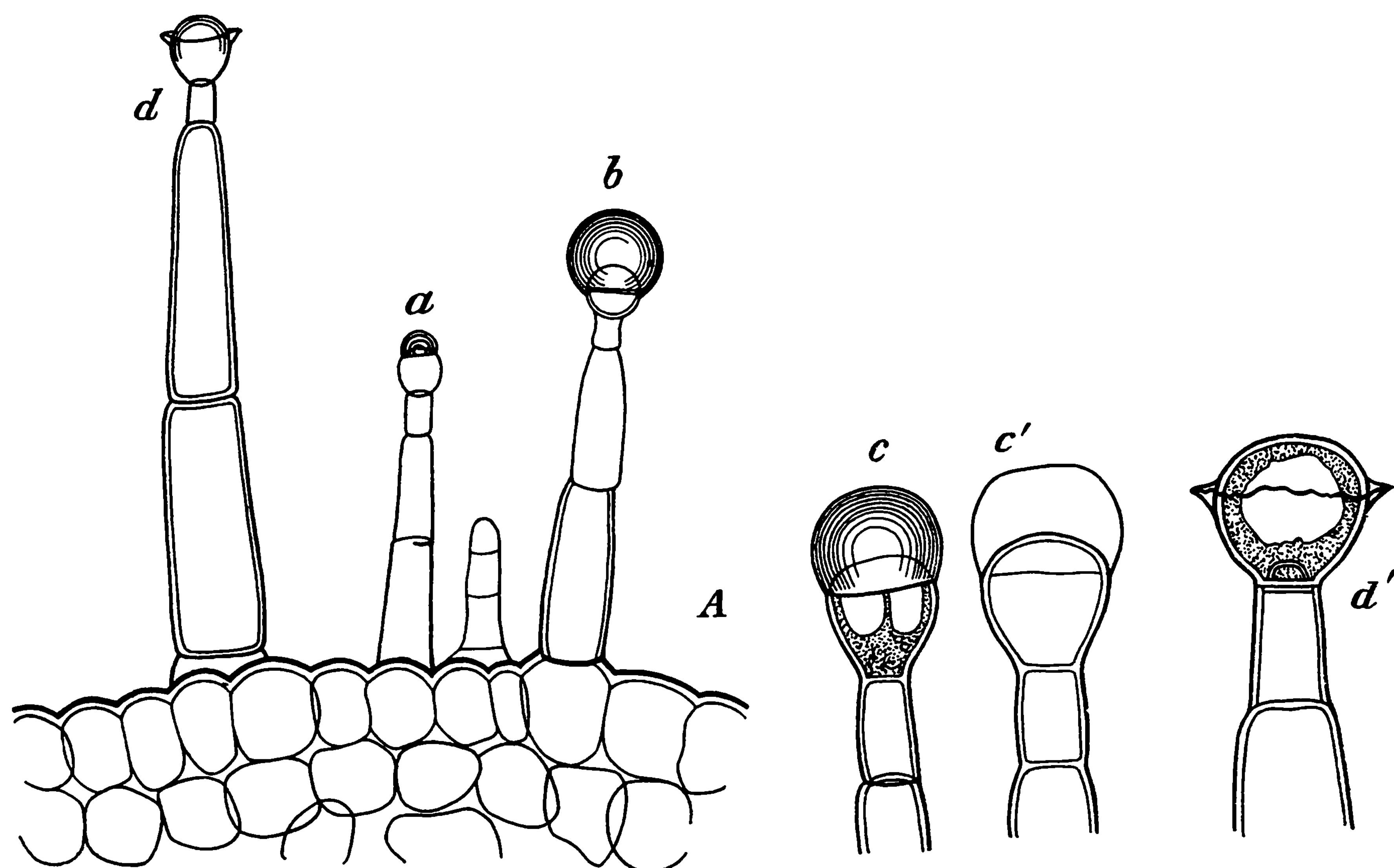


Рис. 6. Primula sinensis, железистые волоски на черешке листа

На вершине волоска *a* начинается выделение между кутикулой и оболочкой; в волоске *b* кутикула отошла от оболочки на далекое расстояние; в волоске *d* кутикула лопнула и частью сброшена; *c*, *c′*, *d′* — концы железистых волосков, сильнее увеличенные

растения; в этом случае прилегающие к поврежденному месту ткани превращаются в пробковую ткань, которая предохраняет от разрушения под нею лежащие части растения.

Ослизнение[80] оболочки ограничивается иногда отдельными клетками или же распространяется на слой клеток или на целый участок ткани. Ослизнение оболочки клеток всего удобнее исследовать на желёзистых волосках и чешуях. По *Ганштейну*[81] и *Де Бари*[82], гуммиобразное вещество накопляется в толще стенки между кутикулой и слоями утолщения; кутикула при этом вздувается и постепенно отходит от оболочки; наконец, в ней образуется разрыв, и нередко она целиком сбрасывается клеткой. В некоторых случаях разорванная кутикула заменяется новой, которая, в свою очередь, разрывается; новообразование кутикулы в одной и той же клетке может повторяться по нескольку раз (рис. 6 и 7).

Ослизнению подвергаются клетки кожицы листьев, семян и плодов. На листьях оно было замечено у многих двудольных, именно у Malva-

[80] Об ослизнении оболочки см.: *Cramer*. Pflanzenphysiol. Unters. v. *C. Nägeli v. Cramer H*. 3; 8 (1855); *Nägeli*. Sitz. Ber d. Münch. Ak. 1864; 2, 114; *Uloth*. Flora, 1875; 193; *Sorauer*. Land. Vers. 15; 454 (1872).

[81] *Hanstein*. Bot. Zeit. 1868; 699.

[82] *De Bary*. Vergl. Anat., p. 79, 93, 104, 150.

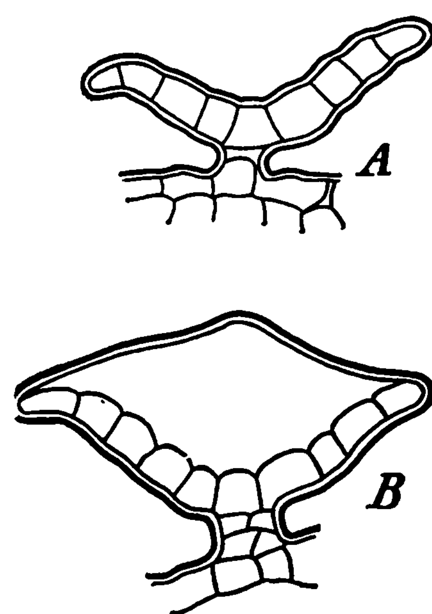


Рис. 7. Humulus Lupulus. Железистые чешуи в разрезе, перпендикулярном к плоскости листа (увел. в 142 раза)

А — молодая чешуя до ослизнения оболочек клеток. Толстая кутикула прилегает к поверхности клеток;

В — кутикула сильно приподнята; продукт выделения удален из препарата алкоголем

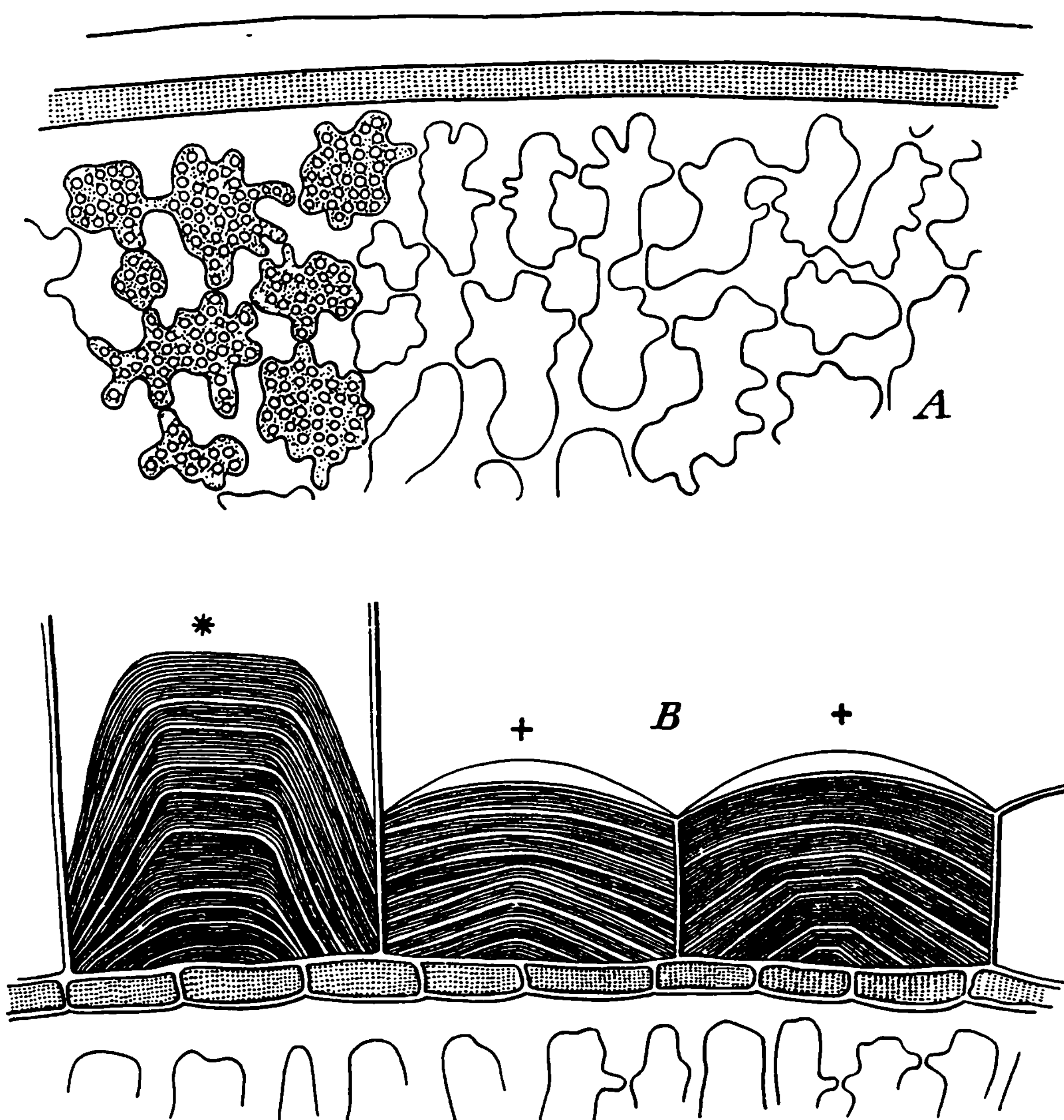


Рис. 8. Plantago Psyllium; поперечный разрез кожуры семени

А — в крепком; *В* — в слабом спирте

ceae, Cacteae, Lauraceae, Sapindaceae, у разных видов Salix, у Quercus pedunculata, Betula alba, у разных видов Prunus, в особенности на кожистых листьях капских Diosmeae.

Поверхностный слой клеток семян подвергается ослизнению у Lepidium sativum, Linum usitatissimum, Plantago maritima; кожица плодика ослизняется у Salvia. Ослизнение охватывает или всю оболочку, или только отдельные ее части; в семенах Linum, Plantago Psyllium ослизнение наблюдается преимущественно в наружной стенке, у Lepidium sativum и Plantago meritima — в боковых стенках. Ослизненная оболочка быстро разбухает в воде; лучше всего удается проследить ее разбухание, если вырезанный из семени или плодика поперечный разрез рассмотреть сперва в каплю спирта, в котором разбухание вовсе не происходит, а затем постепенно разбавлять спирт водой. На прилагаемом рис. 8, *А*, *В* изображены клетки поверхностного слоя семени Plantago Psyllium; *А* — в крепком спирте, *В* — в спирте, разбавленном водой. В поверхностном слое клеток плодика Salvia Aethiopis самый внутренний слой утолщения отличается от всех остальных по плотности и толщине (рис. 9, *А*, *В*); в живой клетке, подобно остальным слоям, он образует вокруг содержимого сплошной мешок без отверстий. Строение это ясно видно при исследовании разреза в капле спирта (рис. 9, *А*). У Salvia, как и у всех

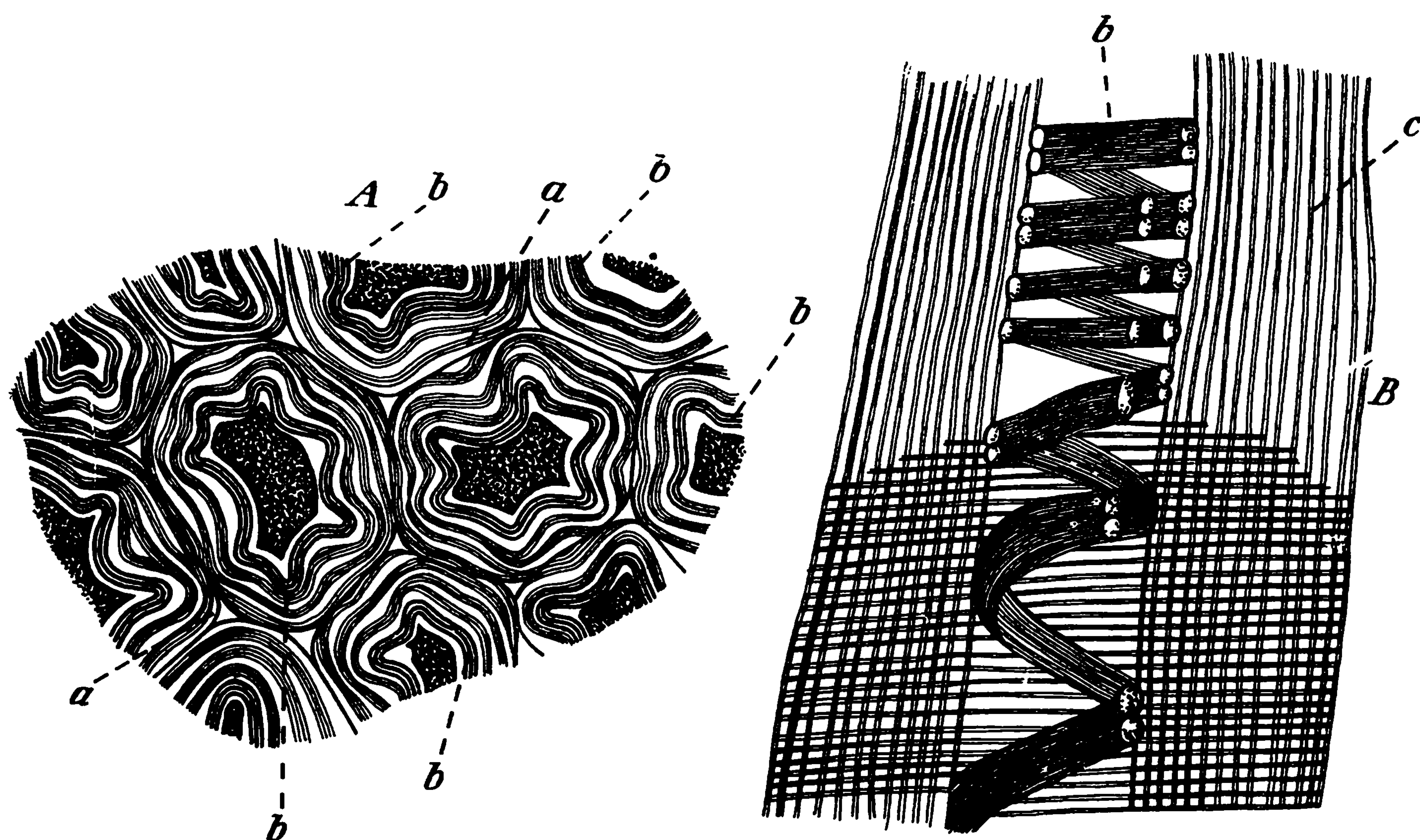


Рис. 9. Salvia Aethiopis

A — кусочек кожицы плода с поверхности: *a* — граница клеток, *b* — внутренний слой утолщения, сильнее остальных преломляющий свет и развертывающийся в воде в спираль; *B* — часть клетки кожицы, разбухшей в воде; *b* — развернувшийся в спираль внутренний слой, *c* — слои оболочки, заключенные между кутикулой и внутренним слоем, при разбухании от воды они вытягиваются в длинные мешки

остальных вышепоименованных растений, поверхностные клетки до разбухания сплющены по радиальному направлению. При разбухании в воде они быстро разрастаются в высоту; сильнее всего у Salvia Aethiopis; при этом из наружного слоя, который разрывается, выступают внутренние в виде вложенных один в другой прозрачных, ослизненных мешков, образуя весьма длинный, нередко закрученный цилиндр, внутри которого виднеется идущая по всей длине спиральная полоса (рис. 9, *B*). Наблюдая постепенное разбухание, нетрудно убедиться, что эта спираль не что иное, как разорванный в узкую полоску внутренний слой утолщения.

При ослизнении целых участков ткани в растении образуются полости, выполненные гуммиобразною массою. Они являются разъединенными, отовсюду замкнутыми или же образуют через слияние систему анастомозирующихся каналов. Нередко к слизям примешиваются и смолистые вещества. Полости, заключающие эти тела, называются *хранилищами собственных соков* [53]*.

По способу образования они удобно распределяются в две группы: к одной относятся полости, происшедшие через разъединение рядов клеток, вначале плотно прилегавших один к другому; на рис. 10, *A* изображен поперечный разрез через четыре ряда клеток, уже несколько

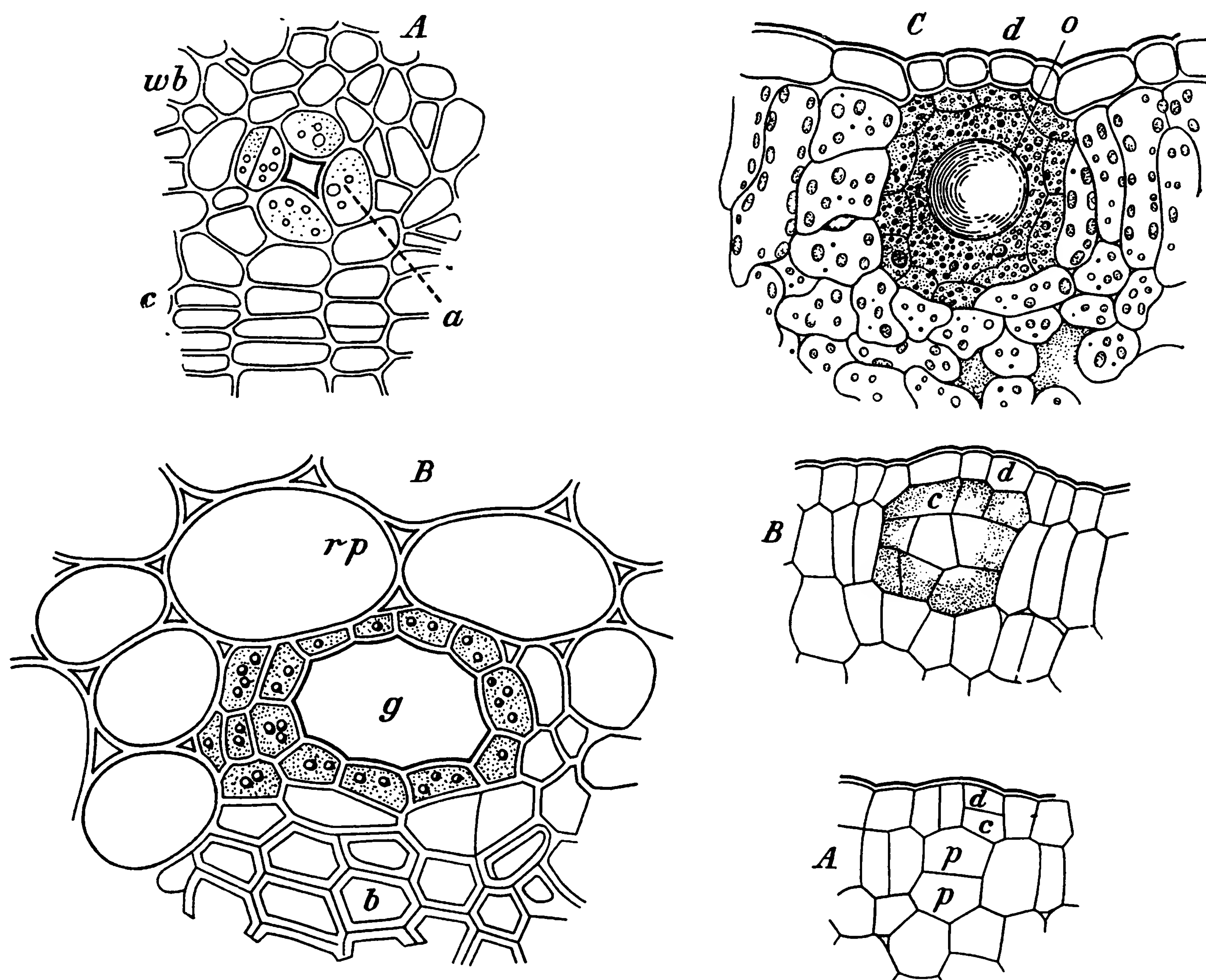


Рис. 10. Hedera Helix (увел. в 800 раз)

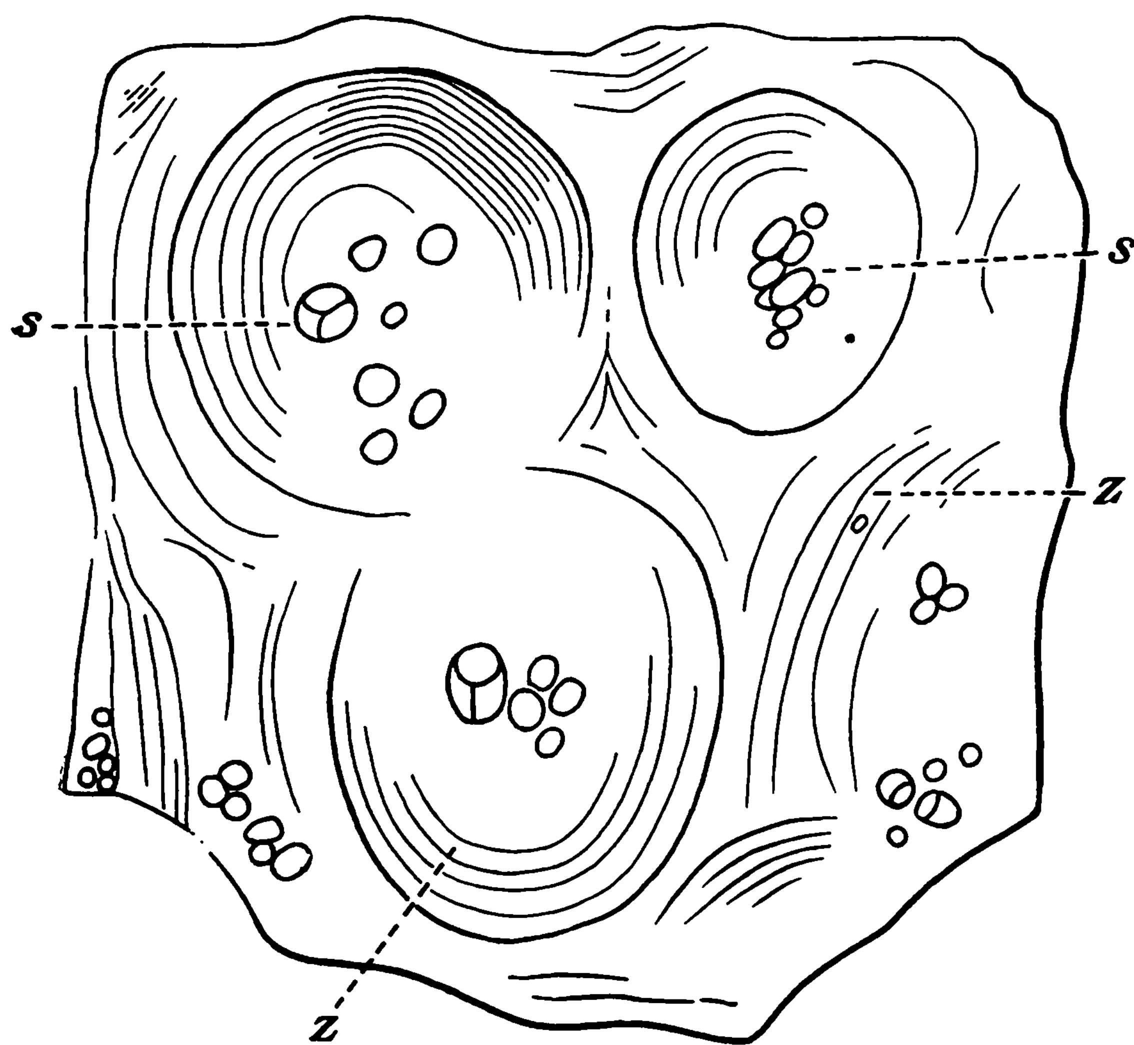
A — поперечный разрез зачинающегося хранилища гумми, полость его образуется через раздвигание клеток; *B* — поперечный разрез вполне сформированного хранилища гумми, клетки его стенки отличаются от клеток смежной ткани

Рис. 11. Dictamnus Fraxinella

A, *B* — молодые стадии развития вместилища; *C* — вместилище эфирного масла в листе, вполне сформированное; содержимое вместилища образовано из кучки клеток, которые по растворении оболочек слились в аморфную массу

разъединившихся; из каждого ряда на рисунке видна одна клетка; в промежутке между этими клетками ясно обозначилась межклетная полость, зачаток хранилища собственных соков; рис. 10, *B* представляет поперечный разрез через вполне развитую полость. Заключенная в ней гуммиобразная масса отложена в промежутке между клетками. Другую группу составляют полости, образованные слиянием рядов клеток или целого участка ткани через ослизнение оболочек; в этом последнем случае ослизнившиеся клетки целиком превращаются в аморфную массу, которая выполняет полость.

В громадном большинстве случаев способ происхождения хранилища собственных соков является тесно связанным с его формой. Длинные



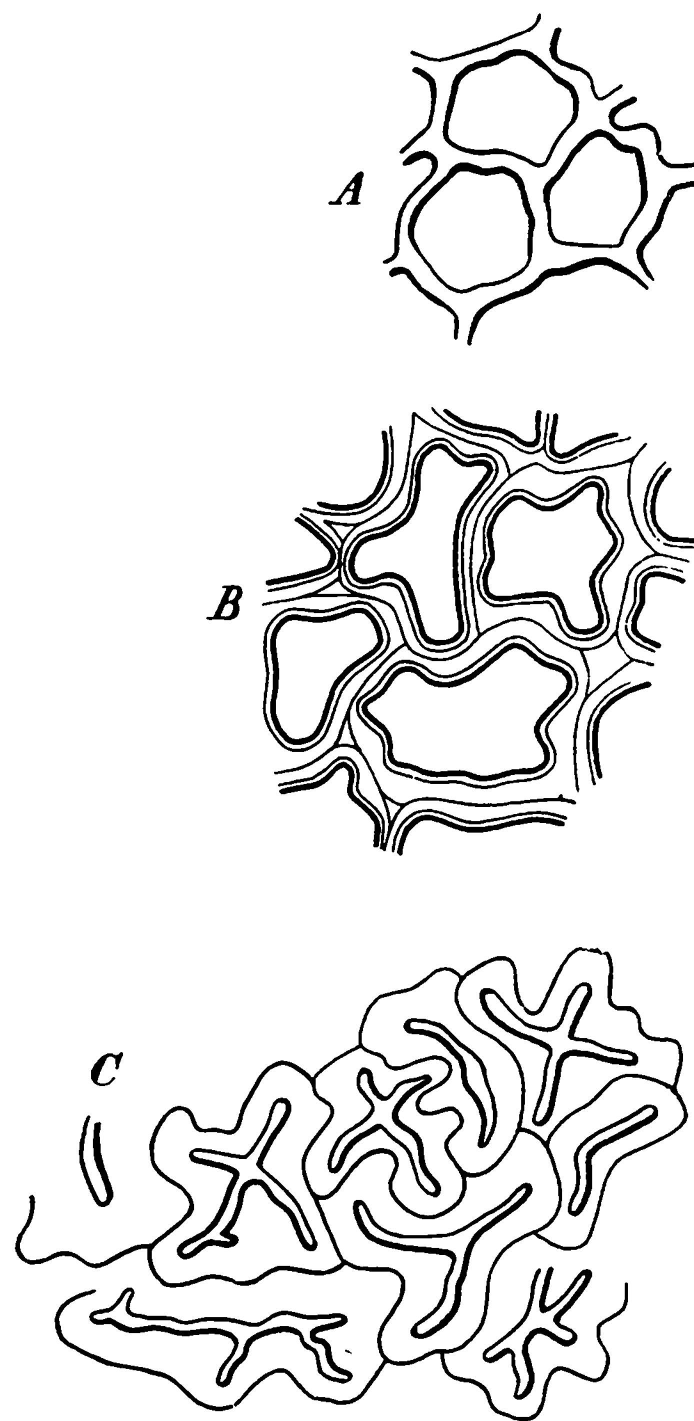


Рис. 12. Ломтик трагаита, разбухшего в воде
z — слой разбухших оболочек;
s — крахмальные зерна

Рис. 13. *A*, *B*, *C* – постепенные стадии ослизнения ситовидных элементов Prunus avium (роговая ткань Виганда)

цилиндрические каналы происходят через раздвигание клеток; короткие, шаровидные полости – через превращение в гуммиобразную массу целого участка ткани (рис. 11, *A*, *B*, *C*).

Распределение вместилищ гумми и смолистых веществ у разных растений представляет большое разнообразие; я ограничусь здесь только описанием ослизнения участков тканей у Astragalus и Prunus, продукты ослизнения которых – трагант и вишневый клей – составляют предмет торговли. Расположение вместилищ гумми и смолистых веществ в вегетативных органах цветковых и высших споровых растений обстоятельно изложено в анатомии Де Бари «Vergleichende Anatomie d. Vegetationsorgane».

Ослизнение целых участков ткани, сопровождаемое выделением наружи ослизненных клеток, обозначают названием *гуммозис*. У различных видов Astragalus оно было исследовано впервые *Молем* [83] и в семействе Amygdaleae – *Вигандом* [84], *Франком* [85] и *Приллье* [86].

---

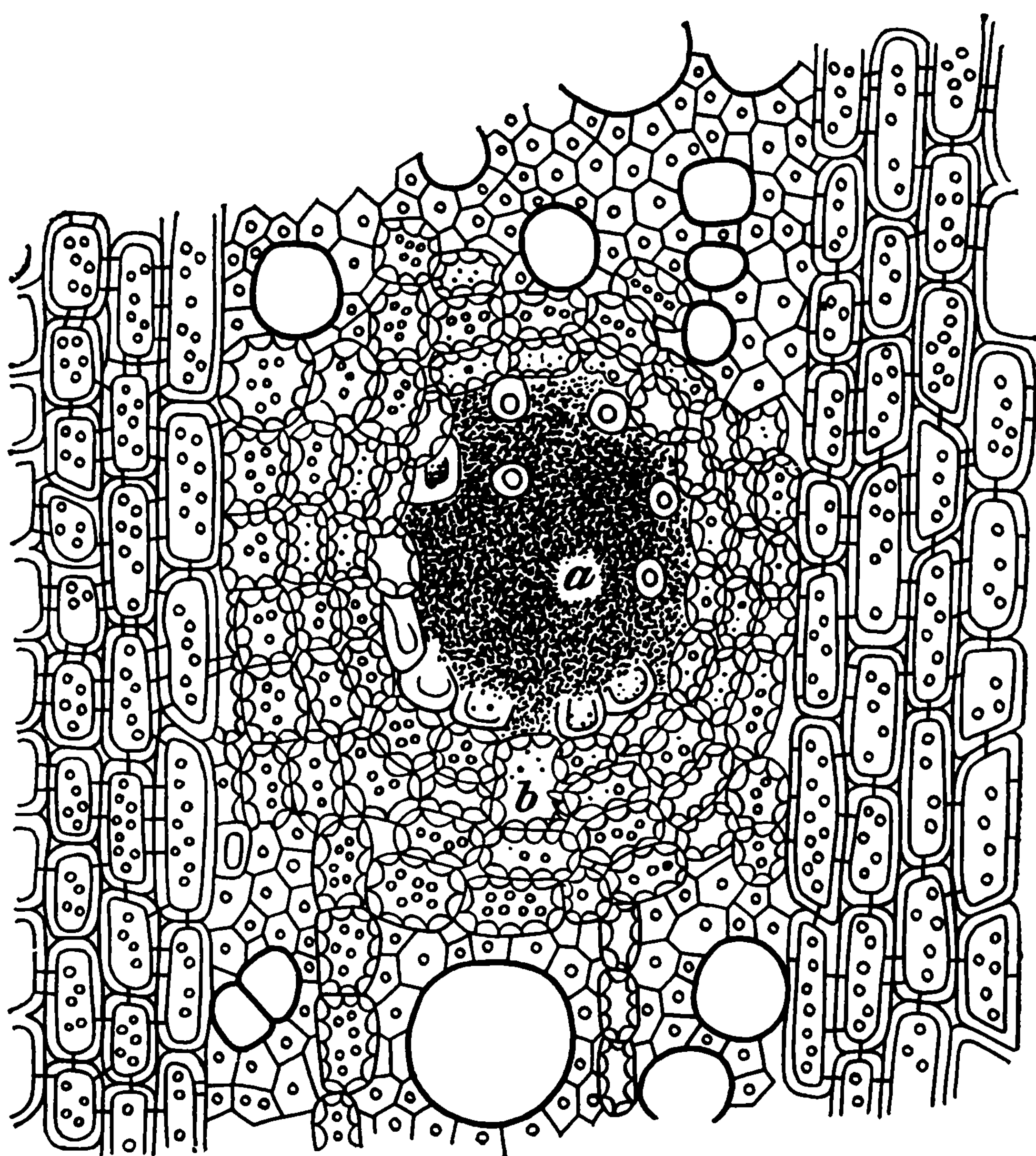
[83] *Mohl*. Bot. Zeit. 1857; 33.
[84] *Wiegand*. Pringsh. Jahrb. 3; 115 (1863).
[85] *Frank*. Pringsh. Jahrb. 5 (1866–67).
[86] *Prillieux*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 1; 176 (1875).

Гуммиобразная, желтоватого цвета масса, выделяемая Astragalus, известна в торговле под названием *траганта*; ее собирают с поверхности растения в виде затвердевших на воздухе округлых пластинок. Исследуя тонкие пластинки траганта под микроскопом, *Моль* нашел, что они составлены из слившихся и частью уже превращенных в бесструктурную массу клеток, в которых нередко удавалось наблюдать уцелевшее содержимое с крахмальными зернами (рис. 12); последние легко было узнать по синей окрасе йодом. *Моль* показал, что ослизнению подвергаются в Astragalus только сердцевина и сердцевинные лучи; ему удалось проследить все переходные стадии их ослизнения до окончательного превращения в трагант. Выделение ослизненных клеток на поверхность растения происходит, по мнению *Моля*, в том случае, если в полость, заключающую трагант, попадет вода; в присутствии воды он сильно разбухает; стремясь занять больший объем, он распирает окружающую ткань до того, что вызывает в ней разрыв и через образовавшуюся трещину выходит наружу; на поверхности растения он постепенно теряет воду и отвердевает в вышеописанные пластинки. Выделение траганта было наблюдаемо у Astragalus creticus, A. verus, A. gummifer, A. cristatus и др.

Более разнообразия представляет не вполне еще выясненный процесс ослизнения тканей при образовании *вишневого клея* в Prunus Avium. Всего чаще *Виганд*[87] наблюдал ослизнение в лубовой части сосудистых пучков, в ткани, названной им *роговою прозенхимою* и легко распознаваемой на поперечном разрезе коры по волнистому контуру клеток; ослизнившаяся оболочка оказывается до того утолщенною, что полость клетки представляется в виде узкой извилистой линии (рис. 13); вследствие роговой консистенции этих клеток *Виганд* и назвал их роговою прозенхимою. Впоследствии *Рауенгоф*[88] доказал, что роговая прозенхима не что иное, как ситовидные элементы, утратившие свою первоначальную форму и строение; ему удалось даже проследить постепенное их превращение в роговую прозенхиму *Виганда*.

Ослизнению подвергаются, по наблюдение *Виганда,* хотя сравнительно гораздо реже, смежные с ситовидными элементами толстостенный луб и лубовая паренхима, а также ткань сердцевинных лучей и камбия. В большинстве случаев образованию вишневого клея предшествует, по *Виганду,* появление особенной ткани, названной им *каменистой паренхимой*; она образуется местами в таком изобилии, что заменяет собой все остальные и служит несомненным предвозвестником ослизнения. Ткань эта легко отличима на поперечном разрезе от граничащих других элементов древесины большей толщиной стенок, покрытых точечными продушинами, и радиальным расположением вокруг полости, содержащей гумми; развитие каменистой паренхимы характеризуется тем, что временно проявляется в ней усиленное деление; затем жизнедеятельность ее прекращается и она целиком превращается в гумми (рис. 14, *a*). После-

[87] *Wiegand.* L. c., p. 130.
[88] *Rauwenhoff.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 12, 317 (1869).



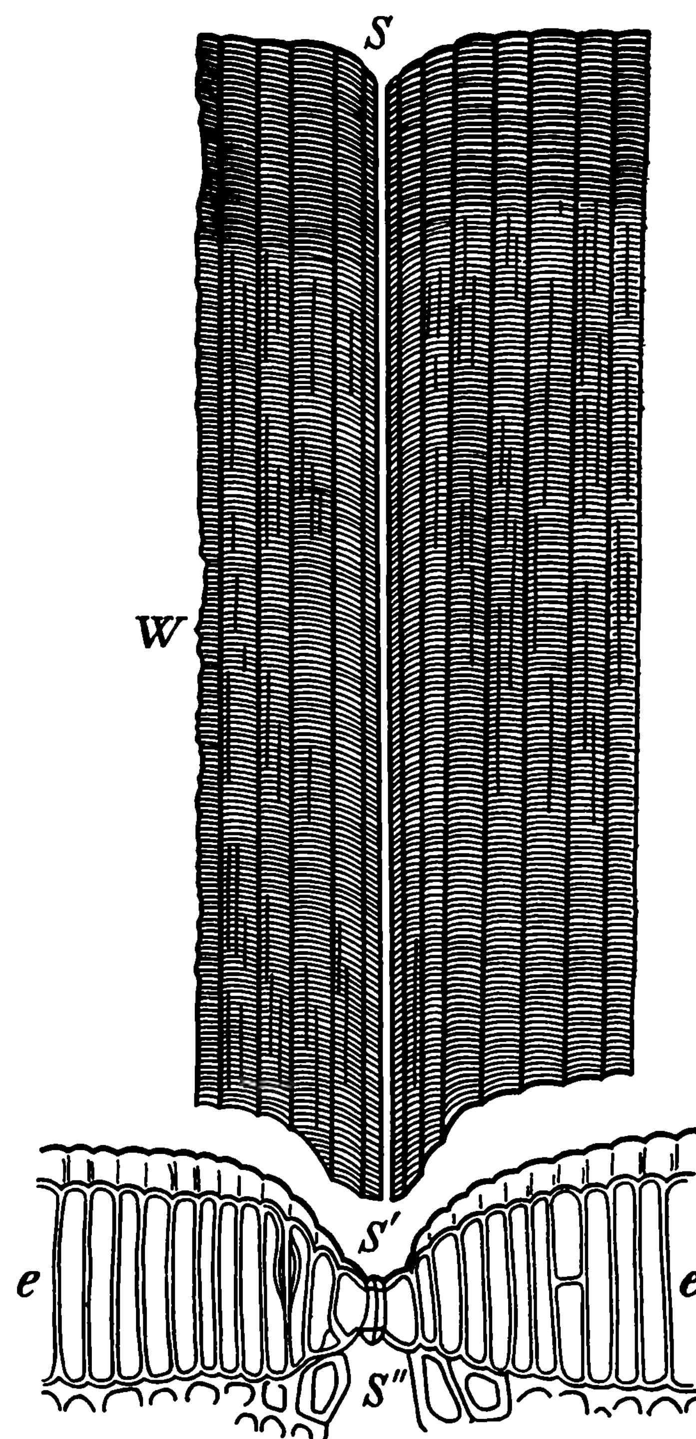


Рис. 14. Prunus avium

Поперечный разрез хранилища гумми (*a*) и окружающей древесины;
b — каменистая паренхима;
c — клетки сердцевидных лучей

Рис. 15. Klopstockia cerifera, поперечный разрез стеблевого междоузлия ее кожицы

S'—S' — устьице с двумя мелкими замыкающими клетками, помещенными между двумя более крупными придаточными; *W* — восковой покров над кожицей; *SS'* — сквозной канал через толщу воска, ведущий к устьицу

дующие наблюдения *Сорауера* и *Приллье*[80] подтвердили показания *Виганда* касательно каменистой паренхимы. Напротив того, Приллье совершенно отрицает ослизнение стенок сосудов и лубовых элементов. По его наблюдениям, слизистое вещество отлагается здесь не в оболочке, как предполагает *Виганд,* а с внутренней ее стороны, причем стенка сосудов и лубовых элементов не претерпевает изменения ни в строении, ни в составе.

В сравнительно немногих случаях гуммиобразные массы образуются внутри содержимого клетки, например в клубне Orchis и корнях Borragineae. Если число клеток, подвергающихся ослизнению, значительно, то они могут, оставаясь разъединенными оболочкой, производить впечатление сложной сети анастомозирующих каналов, переполненных гуммиобразным выделением.

---

[89] *Prillieux.* L. c., p. 188

О распределении *жиров* известно весьма мало; касательно значительного содержания их в семенах уже было говорено выше; в жизнедеятельных тканях они являются весьма распространенными, не обнаруживая, однако, ни в одной из них значительного скопления. Из плодов, богатых содержанием жира в мякоти, отличается оливка.

Воскообразные вещества (растительный воск) отлагаются частью на поверхности надземных органов растений, частью в наружной стенке клеток кожицы. Образование их в значительном количестве внутри растений встречается весьма редко; таковы, например, воскообразное вещество, пропитывающее ткани Balanophoreae; растительный воск, добываемый прессованием из семян Rhus succedanea, известный в торговле под названием японского; яванский воск, получаемый из млечного сока Ficus cerіflua, и некоторые другие малоисследованные продукты.

Воскообразные вещества найдены в поверхностном слое весьма многих растений. У некоторых они остаются навсегда заключенными в наружной стенке клеток кожицы, под кутикулой, например в кожице ветвей Sophora japonica, в листьях Aloë verrucosa, Epidendron ciliare, Hoya carnosa, у других же они просачиваются кнаружи, образуя на поверхности растения слой растительного воска различной мощности: от едва заметного налета до толщины в 5—6 мм.

Некоторые растения выделяют воскообразные вещества в столь значительном количестве, что их собирают большими массами и употребляют как предмет торговли. Особенным обилием растительного воска отличаются пальмы Copernicia (Corypha) cerifera, Klopstockia cerifera, Ceroxylon andicola. У Copernicia он покрывает с обеих сторон листья; листья осторожно срезывают с дерева и стряхивают; спадающую с них при этом серую, порошкообразную массу сплавляют в воде над огнем; куски ее известны в продаже под названием карнаубского воска. У Klopstockia и Ceroxylon воскообразное выделение одевает толстым слоем поверхность ствола; его снимают с коры кусками и формуют из них большие массы. С одного экземпляра Ceroxylon andicola удается собрать до 25 фунтов растительного воска.

Значительное воскообразное отложение покрывает плоды Myrica cerifera и других видов этого рода. Его отделяют, вываривая плоды в воде; плоды опускаются на дно сосуда, между тем как воскообразное вещество всплывает на поверхность воды и сплавляется в куски значительного размера.

Весьма любопытные и наиболее обстоятельные сведения о строении воскообразных отложений на поверхности растений сообщает *Де Бари* [90]; он отличает четыре типа отложений: 1) в виде сплошного покрова, 2) палочками, 3) зернышками в один слой и 4) в виде скученного налета из зернышек в несколько слоев, перемешанных с палочками.

Особенно интересное строение оказалось в воскообразном отложении, покрывающем сплошным слоев ствол Klopstockia. *Де Бари* рисует его

[90] De Bary Bot. Zeit. 1871 и Vergleich. Anat. p. 87; см. также: *Wiesner*. Bot. Zeit. 1876; 225.

составленным из длинных, сросшихся между собою призматических участков, перпендикулярных к поверхности ствола (рис. 15). На поперечном разрезе ствола нетрудно заметить, что призматические столбики воскообразного слоя соответствуют отдельным клеткам кожицы; кроме того, в каждом из столбиков ясно обрисовывается полосатость по трем направлениям: параллельно поверхности листа, вдоль боковых сторон призм, перпендикулярно к листу и под острым углом к поверхности листа. Столбики эти срастаются боковыми сторонами в сплошную массу, оставляя между собой промежутки только в местах, соответствующих отверстиям устьиц; сквозные каналы, пробуравливающие восковой слой над устьицами, служат, по-видимому, для поддержания обмена газов между растением и атмосферою.

Отложение воскообразного вещества сплошным слоем достигает значительной толщины 70 мк на поверхности старых ветвей Euphorbia canariensis; у Panicum turgidum оно доходит до 30 мк. Хорошие объекты для изучения этого рода отложения представляют стебли и старые ветви Kerria japonica и Chamaedorea Schiedeana. Наименьшую толщину — в 1 мк — *Де Бари* наблюдал у Thuja occidentalis.

Второй тип отложений воскообразного вещества *Де Бари* нашел у Saccharum, Echalia, Coix, Musa, Strelitzia и некоторых других растений. Поднимающиеся с поверхности листа палочки растительного воска достигают у некоторых растений очень значительной длины и нередко закручиваются на свободном конце. Они выстилают поверхность растения или сплошным слоем, например на стебле Saccharum officinarum (рис. 16), или же являются разрозненными и разбросанными по одиночке, например на листьях Musa ornata, Strelitzia ovata (рис. 17). Каждой из этих палочек *Де Бари* приписывает долевую полосатость и признает их построенными из двух веществ; из более плотного — в наружной и менее плотного — во внутренней, осевой части.

Третий тип отложения в виде простого слоя зернышек *Де Бари* наблюдал у Dianthus caryophyllus, Brassica oleracea, Iris germanica, I. pallida, Tropaeolum, Allium и в некоторых других растениях.

Четвертый тип описан им у Secale cereale, Ricinus communis, Abies pectinata, у различных видов Eucalyptus.

На основании вышеизложенных наблюдений *Де Бари* рассматривает воскообразные отложения за образования организованные, между тем как *Виснер*[91] приписывает им строение кристаллическое, опираясь главным образом на то, что преобладающие в них соединения — глицериды высших жирных кислот — суть тела кристаллические.

Отложение *кутина* в растении обыкновенно ограничивается клетками кожицы и происходит преимущественно в наружных слоях утолщения оболочки.

Кутикуляризованные слои в большей части случаев резко отграничены от целлюлозных; особенно ясно это видно на поперечном разрезе

[91] *Wiesner*. Bot. Zeit. 1876, 225.

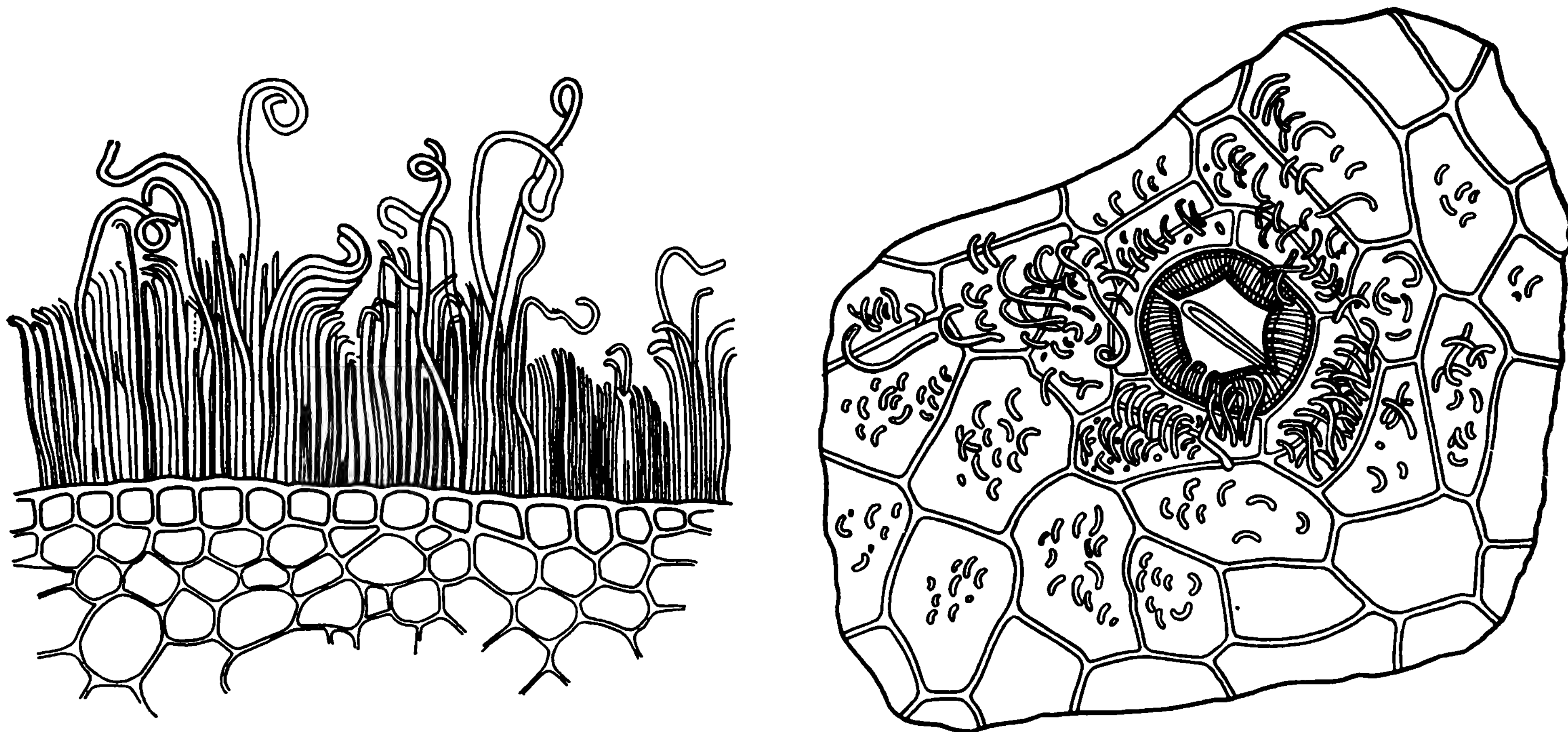


Рис. 16. Saccharum officinarum (увел. в 142 раза), поперечный разрез поверхностной части узла с воскообразными нитевидными отложениями

Рис. 17. Strelitzia ovata, кусочек кожицы молодого листа, с нарастающими воскообразными отложениями; палочковидные выросты разбросаны по поверхности листа

кожицы, обработанном йодом и серной кислотой; окрашенные в синий цвет целлюлозные внутренние слои оказываются непосредственно прилегающими к ярко-бурой кутикуляризованной части оболочки. Только в весьма немногих случаях, например в кожице стебля Psilotum triquetrum, в молодых стеблях Selaginella inaequifolia, S. Mertensii, бурый цвет внешней части оболочки постепенно переходит в синий.

Отложение кутина обнаруживается прежде всего в самом поверхностном слое внешней стенки клеток кожицы; у некоторых растений (Dianthus plumarius, Helleborus foetidus) оно дальше и не распространяется; у других оно переходит на более внутренние слои, охватывая частью и боковые стенки (на ветвях Ephedra distachya); у третьих внешняя стенка оказывается кутикуляризованной во всей толще, например на однолетних листьях Taxus baccata и на однолетних ветвях Salix daphnoides; у четвертых, наконец, оболочка клеток кожицы подвергается кутикуляризации на всем протяжении, не исключая и внутренней стенки, например в иглах Pinus Abies, в черешке листьев Arbutus Unedo, в двулетних ветвях Nerium Oleander.

Образование *пробки,* свойственное преимущественно выросшим частям растений, может происходить непосредственно из клеток кожицы, а также из всякой другой паренхиматической ткани; пробковая ткань появляется всего чаще в поверхностных слоях стволов, ветвей и корней во всех случаях, когда сбрасывается кожица, а также и при поранении растений из обнаженных паренхиматических тканей. Сравнительно весьма редко удается ее наблюдать на других частях растений; к таковым

исключительным случаям относится опробкование кожицы на чешуях почек у Coniferae, Aesculus, на черешке Terminalia Catappa[92].

Распределение *белковых тел* по растению уже выяснилось отчасти из предыдущего; в виде запасного материала (зерен алеурона) они всегда отлагаются вместе с жирами или углеводами в семенах, как в зародыше, так и в белке; кроме того, в клубнях, корневищах, луковицах; у многолетних кустарников и деревьев в паренхиме коры, в элементах паренхиматической и лубообразной системы древесины[54*], в сердцевинных лучах и притом по всему протяжению растения как в надземных частях, так и в корнях. В нарастающих частях растений белковые соединения находятся в жизнедеятельной плазме тканей конусов нарастания и на всем протяжении растения, в ткани камбия. В камбии белковые тела остаются до конца жизнедеятельности его клеток, в паренхиме же коры и сердцевине стебля и корня, а также и в паренхиме листьев с возрастом содержание их постепенно убывает.

Крахмал является, подобно белковым телам, наиболее скученным во всех перечисленных выше местах отложения запасного материала. В нарастающих частях растения в периоде, предшествующем сильному росту, он встречается отложенным в виде зерен, преимущественно в паренхиме коры и сердцевины; впоследствии же он исчезает из этих тканей, за исключением только самого внутреннего слоя коры, где он остается до конца разрастания растения; слой этот, непосредственно прилегающий к сосудистым пучкам, и назван поэтому *крахмалистым влагалищем.*

Сахаристые вещества сравнительно редко отлагаются в виде запасного материала. На присутствие сахара в непроросшем семени указывают *Кюнеман*[93] и *Целестин-Германаус*[94]; показания их, однако, оспариваются *Пёлем.*

Гораздо чаще попадается сахар отложенным в виде запасного материала в корнях и корневищах. Например, тростниковый сахар — в корне свеклы (Beta vulgaris). Краус[95] нашел тростниковый сахар в клубне Phlomis tuberosa, в корневище Stachys palustris, Mentha arvensis, в реповидном корне Myrsiphyllum. Глюкоза одна и с примесью крахмала оказалась в корневище Dipsacus sylvestris, Cephalaria procera, в клубне Valeriana scandens, в луковице Ornithogalum arabicum и Scilla maritima. У видов одного рода углевод запасного материала может быть разный — крахмал или сахар; так, например, глюкоза без примеси крахмала находится в корневище Primula Palinuri и P. marginata; в корневище P. Auricula оказались глюкоза и крахмал, а в P. denticulata — только крахмал без сахара. Соответствующее различие обнаружили и виды Plantago.

В жизнедеятельных, нарастающих частях растения сахар встречается постоянно. Распределение его по тканям весьма разнообразно; в на-

---

[92] *Höhnel.* Bot. Zeit. 1882, 178.
[93] *Kühnemann.* Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1875; 202. (Just. Jahresb. 1875, 854).
[94] *Cölestin Hermanauz.* Physiol. Unters. üb. d. Keimung d. Gerstenkornes. Inaug. Dissert. Darmstadt. (Just. Jahresb. 1876; 877).
[95] *Kraus.* Bot. Zeit. 1876, 623.

растающих частях всего богаче сахаром паренхима коры и сердцевина; по мере разрастания этих тканей количество сахара постепенно убывает.

Весьма обстоятельные исследования имеются касательно распределения сахара в свекловице. Из всех частей корня *Де Фризе*[96] нашел наибольшее содержание сахара в осевом стержне; окружающие части оказались тем беднее сахаром, чем ближе находились к окружности корня, за исключением самого поверхностного слоя, который заключал сахара больше, чем прикрываемая им ткань корня. Содержание сахара оказалось, кроме того, различным по тканям корня; совершенно ясно удалось обнаружить это во вторичных отложениях, из которых построена главная масса корня свекловицы. Эта часть корня состоит из сочной паренхимы и сосудистых пучков, которые расположены в ней концентрически и тянутся по всей длине корня параллельно наружной его поверхности; корень свекловицы является, таким образом, построенным из системы конусов паренхимы, чередующихся с конусами ткани, пронизанной по длине сосудистыми пучками. Наиболее богатыми сахаром оказались клетки паренхимы, непосредственно прилегающие к сосудистым пучкам, так что если снимать ткань корня слоями параллельно поверхности, то содержание сахара в смежных слоях получится разное, смотря по присутствию или отсутствию в слое сосудистых пучков; в слое, содержащем сосудистые пучки, сахара заключается больше. Чередование конусов ткани в корне свекловицы, различных по содержанию сахара, подтверждено и *Бодримоном*[97]. Из сочетания этого вида с предыдущими выходит, что содержание сахара убывает по мере приближения к поверхности корня, но не совершенно постепенно, а небольшими скачками вследствие чередования конусов ткани с сосудистыми пучками с конусами, состоящими из одной паренхимы.

Наконец, неодинаковым оказалось содержание сахара на протяжении каждого из конусов ткани; сравнивая количество сахара в пластинках, вырезанных поперек корня, *Де Фризе* нашел в верхнем и нижнем концах корня значительно менее сахара, чем в средней его части; от вершины корня количество сахара возрастало на некотором протяжении, а затем опять постепенно спадало, вплоть до нижнего конца корня.

В зрелом корне преобладал тростниковый сахар с весьма небольшою примесью глюкозы; крахмала в нем вовсе не было.

В листьях свекловицы распределение сахара было расследовано *Коренвиндером*; он нашел всего больше сахара в черешке; листовые пластинки содержали его меньше, притом исключительно в нервах; листовая паренхима сахара не заключала вовсе; напротив того, она была переполнена зернами крахмала. Наблюдения *Коренвиндера* вполне подтвердили *Де Фризе* и *Бодримон*.

Плоды заключают сахаристые вещества преимущественно в ткани мякоти. Содержание тростникового сахара и глюкозы весьма различно.

---

[96] *De Vriese*. Landwirthsch. Jahrb. 1879; 117. (Just. Jahresb. 1879, 277).
[97] *Baudrimont*. Biedermann's Centralbl. 1879; 916. (Just. Jahresb. 1879, 262).

По анализам *Бюнье*[98], на 100 частей по весу плода оказалось:

	Тростникового сахара	Глюкозы
В ананасе	11,33	1,98
В абрикосе	6,04	2,74
В землянике	6,33	4,98
В серых ранетах	5,28	8,72
В апельсинах	4,22	4,36

В ягодах винограда, по *Пети*[99], весь сахар, количество которого доходит до 17%, состоит из превращенного[55*] сахара. По его же определению, в 1 кг листьев виноградной лозы оказалось 9,20 г тростникового сахара и 26,55 г глюкозы; в другой порции он нашел 15,80 г тростникового сахара и 17 г глюкозы. В 1 кг листьев персикового дерева оказалось 33 г тростникового сахара и 12 г глюкозы; в листьях вишни и персика обнаружилась тоже смесь этих сахаристых веществ.

Весьма часто замечается выделение сахаристых веществ на поверхности растений в виде капель липкой, сладковатой жидкости, содержащей иногда даже кристаллики сахара. Железистые участки ткани, выделяющие ее, называют *нектариями,* а выступающую из них жидкость — *нектаром.*

Строение нектариев было расследовано *Мартине*[100], *Рейнке*[101], *Беренсом*[102] и *Бонье*[103]. Наиболее полные сведения представляет работа *Бонье*; он не только расследовал строение нектариев цветов, но собрал еще чрезвычайно любопытные данные как относительно нектариев других частей растений, так и выделяемой нектариями жидкости. О распределении нектариев вне цветов, на других частях растений, см. работу *Пульзена*[104]. В нижеследующем изложении я буду придерживаться выводов *Бонньe.*

По *Бонье,* нектарии не составляют специальной особенности цветов, так как появляются часто и на различных других частях растений. Он нашел их: 1) *близ вершины черешка* семядолей в виде 2—3 небольших выпуклин, у Ricinus communis; 2) *на листьях весьма многих растений,* где они уже раньше были подробно изучены и описаны *Рейнке* и *Пульзеном,* например у основания листа (Apocynum, Vinca), на черешке (Ricinus sanguineus, Prunus avium, P. Mahaleb и др.), на границе черешка и листовой пластины (Amygdaleae, из папортников у Pteris aquilina, Cyathea arborea и др.), на листовой пластине (Prunus Laurocerasus, Ailanthus, Gossypium и др.); наконец, у Sambucus Ebulus и S. nigra, у которых цельный лист может превращаться в нектарий; 3) *на при-*

[98] *Buignet.* Ann. d. Chem. et. Phys. S. 3, t. 61, 293.
[99] *Petit.* C. R. 77, 946 (1873).
[100] *Martinet.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 14, 91 (1872).
[101] *Reinke* Pringsh. Jahrb. 10, 117 (1875).
[102] *Berens.* Flora, 1879, 2.
[103] *Bonnier.* Ann. d. Sc. Nat. S. VI, t. 8, 5 (1879).
[104] *Poulsen.* Om nogle Trikommer og Nektarier. (Just. Jahresb. 1876, 1013).

листниках (Vicia sativa, Vicia Faba и др.); 4) *на прицветниках* (Sambucus Eidulus, у которого довольно часто превращается в нектарий весь прицветник, у Plumbago capensis, Centaurea montana и др.); 5) *в месте прикрепления листа к стеблю* (Allamanda neriifolia, Polygonum cuspidatum, Mühlenbeckia adpressa); 6) *на листьях чашечки* (Genista anglica, Coronilla montana, Trifolium pratensis, Tilia sylvestris и др.); 7) *на лепестках* (Ftitillaria Imperialis, Rannunculus acris, Helleborus niger, H. foetidus, Aconitum Lycoctonum, Aquilegia pyrenaica и др.); 8) *на тычинках* (Mirabilis hybrida, Reseda odorata, Stellaria Holostea, Corydalis tuberosa, Viola odorata; у Collinsia bicolor, где вся тычинка превращается в нектарий); 9) *на пестиках:* в основании пестика (Pulmonaria officinalis, Salvia lantanifolia, Melampyrum pratense, Erica multiflora); на средних частях пестика (Liliaceae, Irideae, Amaryllideae); в верхних (Umbelliferae); по всей поверхности пестика (Jasminum fruticans, J. grandiflorum, Ligustrum vulgare); в тычинковых цветках Ilex Aquifolium, Cucurbita Pepo, Bryonia dioica, где весь пестик превращается в нектарий, и, наконец, 10) у очень большого числа растений *в основании цветка* между различными его частями.

По строению своему нектарии обнаружили столь большое разнообразие, что ни в морфологическом, ни в анатомическом отношении не удалось *Бонье* подметить какой-нибудь всем общей и характерной особенности. В большей части случаев легко отличить ткань нектария от смежной части растения по сравнительно меньшему размеру паренхимы нектария (рис. 18, *A*, *B*); но и этот наиболее характерный признак нельзя считать общим, так как у Reseda odorata [105], у Pulmonaria officinalis [106] клетки нектария по величине не отличаются от окружающей паренхимы. Сахаристое вещество, временно накопляющееся в нектарии, выделяется различными путями, смотря по строению нектария. У нектариев, покрытых кожицей с устьицами, сахаристое вещество выходит наружу через устьица. *Бонье* удалось непосредственно наблюдать выхождение нектария через устьица у Amygdalus Persica при сдавливании под микроскопом куска ткани, вырезанной из нектария, а также через погружение разреза нижней срезанной стороной в воду; в обоих случаях капли, появлявшиеся на верхней сухой поверхности нектария, выступали из устьиц; только при очень сильном надавливании с боков образовались и другие капли в местах, где устьиц не было. Наблюдения эти были производимы при свете падающем, т. е. при освещении препарата сверху. В нектариях, лишенных устьиц, пути выделения нектара оказались зависящими от степени утолщения и кутикуляризации стенок клеток кожицы; если наружная стенка клеток кожицы тонкая и не покрыта кутикулой, то сахаристое вещество просачивается кнаружи сквозь стенки кожицы (Helleborus niger, Fritillaria imperialis) или выступает из верхушек волосков, если таковые покрывают кожицу (Vicia sativa, Potentialla, Fragaria, Malva silvestris).

---

[105] Ib., p. 109.
[106] Ib., p. 124.

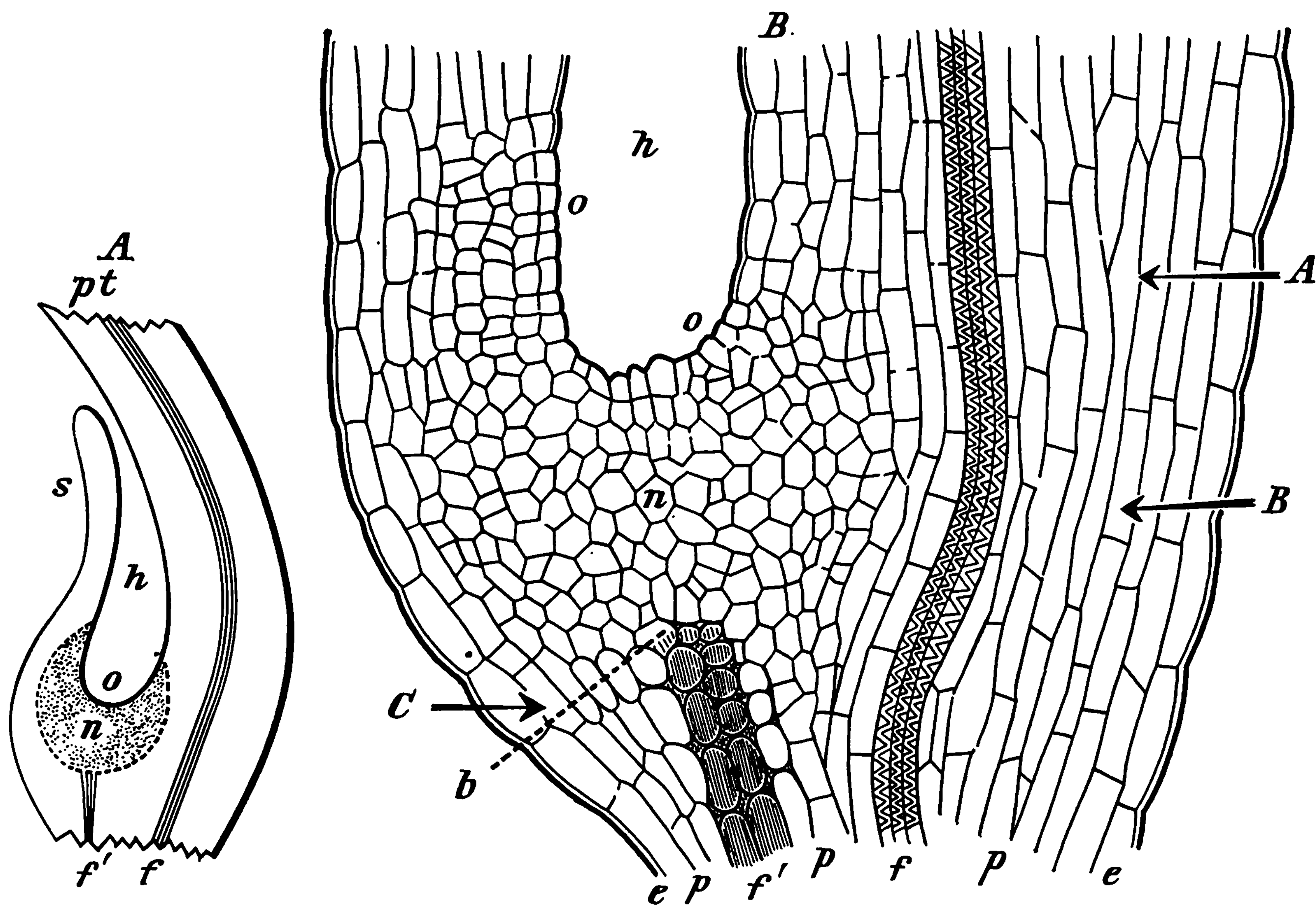


Рис. 18. Ranunculus Ficaria

A — продольный разрез через лепесток (*pt*) и придаток (*s*); в промежутке между ними нектарий (*o*); *f* и *f'* — сосудистые пучки; *B* — часть предыдущего рисунка, сильнее увеличенная; одинаковые буквы — соответствующие части (*Берет*)

В нектариях, не имеющих устьиц и покрытых кожицей с сильно развитой кутикулой (Nigella arvensis, Ricinus communis), находящиеся под кутикулой слои внешней стенки клеток кожицы постепенно разбухают и распирают кутикулу, в которой со временем появляются разрывы. Через образовавшиеся отверстия и выступает на поверхность растения сахаристое содержимое нектария; разрывы и новообразования кутикулы повторяются иногда по нескольку раз сряду в одном и том же нектарии.

Бонье исследовал выделенный нектар на тростниковый сахар и глюкозу посредством фелинговой жидкости и с помощью поляризованного света; во все время развития нектария преобладающим оказался тростниковый сахар; под конец его заменила глюкоза, образовавшаяся, вероятно, из него при посредстве фермента. Содержание тростникового сахара *Бонье* нашел весьма различным у разных растений; всего больше в нектаре Mirabilis, Fuchsia, Helleborus niger; в нектариях цветов больше, чем в нектариях остальных частей растений; в нектаре Calluna vulgaris — меньше, чем в других растениях. Выделяемая жидкость представляла более или менее кислые свойства: кислою она оказалась у Cicer, у Lathyrus pratensis, почти среднею — в прилистниках Vicia sativa. Кроме этих двух составных частей, *Бонье* находил в нектаре декстрин, гумми, маннит и очень малые количества соединений, содержащих азот или фосфор.

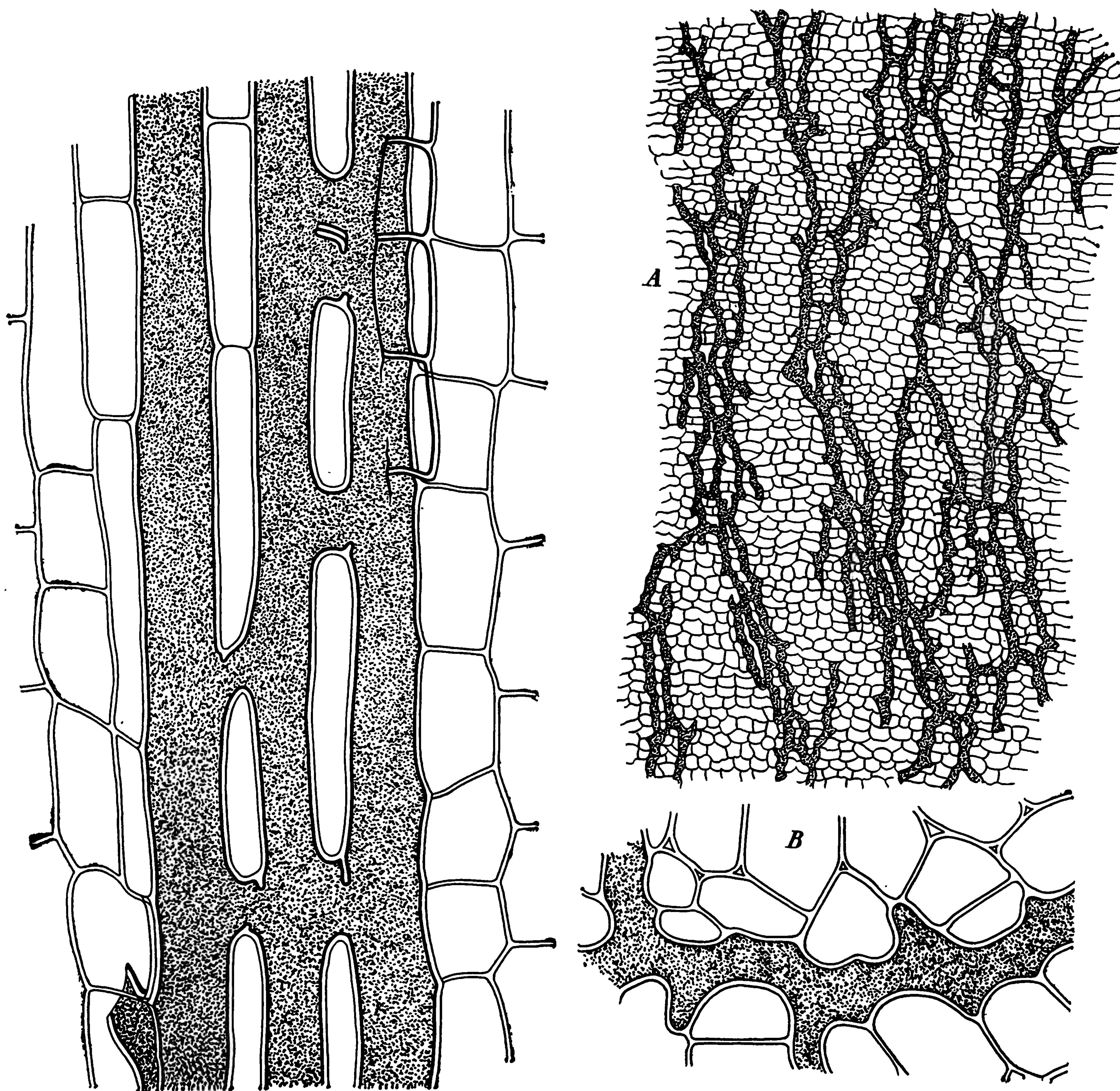


Рис. 19. Lactuca virosa, тангенциальный разрез коры с двумя сетчато соединенными млечниками

Рис. 20. Scorzonera hispanica

A — увеличенный тангенциальный разрез луба корня; *B* — кусочек млечника с окружающими клеточками (Caoc)

В большей части случаев содержание воды в нектаре колебалось между 60 и 85%, в редких случаях доходило до 95%; иногда же (у Fuchsia, Mirabilis) нектар оказывался высохшим и поверхность нектария являлась покрытою кристалликами сахара.

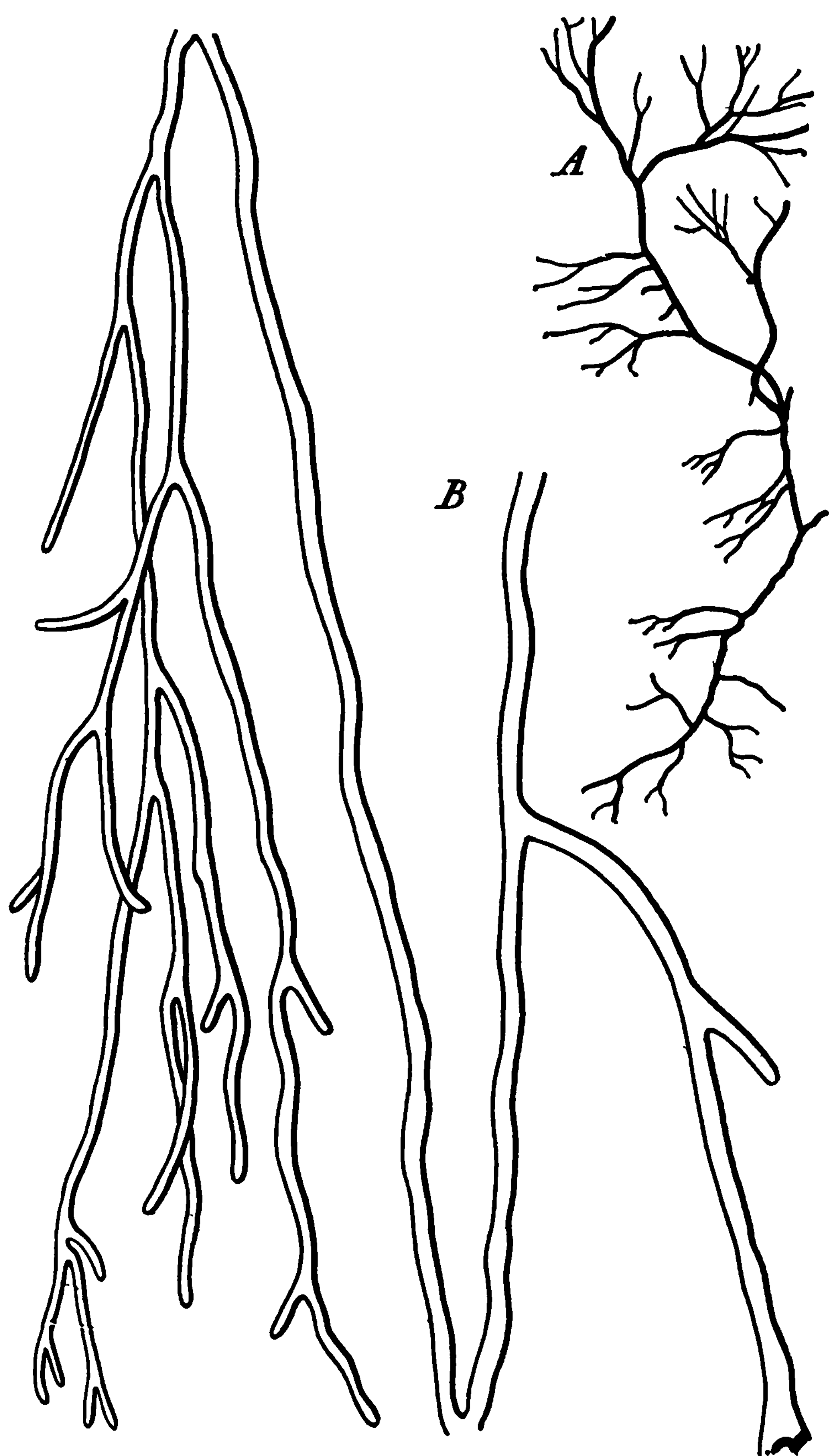


Рис. 21. Euphorbia splendens

А — млечные сосуды, изолированные мацерацией;
В — часть млечника, сильнее увеличенная

Относительно распределения по тканям *дубильных веществ* имеются исследования *Шелля*[107] и *Пецольда*[108]. Они находили дубильные вещества во всех тканях, особенно много в кожице, в паренхиме коры, в камбии и сердцевине; *Шелль* не нашел их только в лубовой части сосудистых пучков; сравнительно редко попадались они в семенах: из 150 исследованных видов семян *Шелль* нашел их только у 15.

Распределение по растениям некоторых соединений, каковы, например, каучук, гуттаперча, алкалоиды опиума, определяется исключительно расположением млечных сосудов (рис. 19—21).

Из млечного сока Ficus elastica, Siphonia elastica, Isonandra Gutta добываются каучук и гуттаперча.

Млечные сосуды Papaver somniferum являются вместилищем алкалоидов. Известный в продаже под названием *опиума* твердый продукт, получаемый из мака, есть не что иное, как отвердевший на воздухе млечный сок, добытий из надрезов Papaver somniferum. Его добывают, надрезывая во многих местах недозревшие коробочки мака; в пораненных местах из перерезанных млечных сосудов вытекает каплями белая жидкость, которая на воздухе твердеет и принимает темный цвет. Затвердевшую массу прессуют и в виде плиток пускают в продажу. Из опиума выделяют целый ряд алкалоидов.

Млечный сок, по составу своему резко отличающийся от содержимого тканей, смежных с млечными сосудами, по всему вероятию, заключает еще несколько соединений, ему одному свойственных. Состав его у разных растений весьма различный.

Бусенго, исследуя млечный сок, вытекающий из надрезов ствола

---

[107] *Sehell.* Physiol. Rolle d. Gerbsäure 1874. (Just. Jahresb. 1875, 872).
[108] *Petzold.* Ueb. d. Vertheil. d. Cerbstoffs in. d. Pflanzen. Inaug. Dissert. 1876. (Just. Jahresb. 1876, 367).

Brosimum Galactodendron, заметил большое сходство не только по цвету, но и по составу со сливками, снимаемыми с молока коровы.

В млечном соке Brosimum Galactadedron *Бусенго*[109] нашел (в %): воды — 58, воска и жира — 35,2, сахара — 2,8, казеина — 1,7, золы — 0,5, неопределенных веществ — 1,8. По анализу *Жанье* сливки содержат (в %): воды — 58, масла — 34,3, молочного сахара — 4,0, казеина и фосфатов — 3,5.

Распределение *алкалоидов* в растениях, за исключением вышеприведенных случаев, расследовано с некоторой точностью только в коре различных видов Cinchona.

По этому предмету высказаны были весьма различные воззрения. *Виганд*[110] утверждал, что алкалоиды хинного дерева заключаются в оболочке толстостенного луба, и полагал даже возможным по развитию лубовой ткани судить о достоинстве хинной коры. Все же остальные исследователи, расходясь в частностях, принимают за главное местонахождение алкалоидов не толстостенный луб, а паренхиму коры.

Отсутствие соотношения между развитием толстостенного луба и содержанием алкалоидов доказал *Флюкигер*[111]; он нашел, с одной стороны, что кора, бедная лубом, может содержать от 2 до 8% алкалоидов и что, с другой стороны, богатая лубом кора Chinchona Pahudiana содержит очень мало алкалоидов; также красная кора Cinchona (Rothe China), очень богатая алкалоидами, оказалась имеющей луб гораздо слабее развитый, чем сравнительно бедная алкалоидами кора Cinchona scrobiculata. *Карстен, Ведель, Говард*[112] и *Карлес*[113] также указывают на паренхиму коры как на главное местонахождение алкалоидов. Их воззрения разнятся только в том, что, по *Ведделю*, хинин заключается преимущественно во внутренней коре; а цинхонин — в наружной; по *Карстену* же и *Говарду*, оба эти алкалоида находятся во внутренней коре. Преобладание их в паренхиме подтвердил и *Мюллер*[114] следующим способом: по возможности мелко раздробленную и истертую хинную кору он всыпал в тубулированную реторту, соединенную с целым рядом приемников; затем через вставленную в верхнее отверстие реторты трубку, доходящую почти до дна реторты, пропущен был сильный ток воздуха; измельченная кора, приводимая в движение воздухом, рассортировывалась на частицы различного веса; наиболее легкие, состоящие исключительно из паренхимы коры, уносились в дальний приемник, наиболее тяжелые лубовые элементы большею частью оставались на дне реторты, а в промежуточных приемниках получалась смесь клеток паренхимы и толстостенного луба. Непосредственное определение алкалоидов в очищенных лубовых элементах и в паренхиме обнаружило несомненным образом преобладание алкалоидов в паренхиме коры. Некоторые из хинных алка-

---

109 *Boussingault*. Ann. d. Chim. et d. Phys. S. 5, t. 15, 180. (Just. Jahresb, 1878, 294).
110 *Wigand*. Bot. Zeit. 1863. N 18.
111 *Flückiger*. Pharmacognosie, p. 414.
112 *Howard*. Nuova Quinol. Microscop. observation 4.
113 *Carles*. Journ. d. Pharm. 16, 22 (1873).
114 *Müller* Pringsh. Jahrb. 1866, 238.

лоидов могут быть различаемы под микроскопом в виде сернокислых солей по указанию *Годефруа*[115]; *сернокислый хинин* при выпаривании раствора образует шарики или пузырьки; *сернокислый конхинин* принимает весьма причудливые формы при кристаллизации; *сернокислый цинхонин* выкристаллизовывается в виде длинных лучистых и ветвистых кристаллов; *сернокислый цинхонидин* образует плотные агрегаты, собранные в пучки, расходящиеся лучеобразно в разные стороны.

О микрохимических реакциях на хинин, конхинин, цинхонин и цинхонидин см. *Годефруа*[116].

По исследованиям *Де Фри*[117], алкалоиды хины находятся в коре в виде солей хинодубильной кислоты, а хинная кислота — в свободном состоянии.

Кроме вышеприведенных исследований, имеются отрывочные данные о распределении еще некоторых органических соединений. Все нижеследующие реакции представляют общий характер в том, что применимы лишь в случаях, когда предварительным макрохимическим расследованием поставлено вне сомнения присутствие искомого тела в данной части растения; предварительное макрохимическое указание совершенно необходимо, так как в большинстве случаев о присутствии тела в ткани или клетке заключают по окраске, характерной для искомого соединения.

Соединения эти я расположу в алфавитном порядке.

Азарон, тело получаемое возгонкой с водой из всех частей Asarum Europaeum, в особенности же из корневища и корней, узнается по оранжево-красной окраске, принимаемой от концентрированной серной кислоты. Согласно с результатом макрохимического исследования, красная окраска получается почти исключительно на препаратах из корневища и корней; на разрезах черешков листьев и их пластинок она почти незаметна. Судя по окраске разрезов, азарон преимущественно заключается в отдельных клетках поверхностного слоя основной ткани; клетки с азароном обыкновенно являются разрозненными; от остальных клеток паренхимы они не отличаются ни размером, ни формой; разница заключается в содержимом; в них никогда нет крахмала, между тем как смежные с ними клетки паренхимы содержат его в значительном количестве; вся полость клетки с азароном занята одной большой или несколькими мелкими каплями бесцветного, маслообразного вещества, сильно преломляющего свет. В этих каплях и заключается азарон, растворенный в зеленоватом эфирном масле (элеоптене). Обрабатывая препарат водой, удается разъединить обе эти составные части капли; при этом азарон выделяется в виде мельчайших крупинок, принимающих от серной кислоты розовую окраску[118].

Вератрин узнается по окраске, которую он принимает при растворении в крепкой серной кислоте; первоначально желтый цвет жидкости пе-

[115] *Godeffroy*. Archiv. f. Pharm. B. 211. (Just. Jahresb. 1877, 599).
[116] *Godeffroy*. Zeitschr. d. allgem. Oesterreich. Apotheker Vereins. 1878, 1.
[117] *De Vrij*. Journ. d. Pharm. et de Chimie. S. 4, t. 28, 324. (Just. Jahresb. 1878, 233).
[118] *Borscow*. Bot. Zeit. 1874, 18.

реходит постепенно в оранжево-красный и затем в грязно-фиолетово-красный. Он содержится в большом количестве в корне Veratrum album и в семенах Veratrum Sabadilla, из которых его и получают. *Борщов*[119] исследовал распределение вератрина в Veratrum album, обрабатывая разрезы корня и отчасти стебля и чешуй луковицы серной кислотой, разбавленной двойным объемом воды. В корне особенно сильно окрашивались клетки кожицы, а также и влагалища; гораздо слабее проявлялась окраска в паренхиме коры и в соединительной ткани центральной части корня. В кожице и влагалище большая часть вератрина, по-видимому, содержится в оболочках клеток, между тем как в паренхиме коры он несомненно сосредоточен в содержимом. В молодом стебле, выросшем из корня, обнаружилось сходное распределение вератрина с тою только разницею, что главная масса его оказалась сосредоточенною в оболочках влагалища. Чешуи луковицы содержали весьма незначительное количество вератрина и притом только в кожице внешней и внутренней стороны.

Кониферин, открытый в камбии хвойных, легко узнается под микроскопом по фиолетово-красной окраске от серной кислоты и синему цвету, который он принимает при смачивании препарата крепкой соляной кислотой. Действуя этими реактивами на разрезы наших деревьев, *Тангл*[120] и *Мюллер*[121] получали в большей части случаев окраску стенок древесины и луба, вполне сходную с описанной для кониферина. По показанию *Мюллера*, всего богаче кониферином луб (Hartbast), заболонь и сердцевинная трубка; результаты эти требуют, однако, еще проверки, так как Мюллеру не удалось получить окраски от соляной кислоты камбия, где присутствие кониферина несомненно доказано.

Салицин. Рачинский[122] первый прибегнул к красной окраске салицина серной кислотой для исследования распределения его в коре ивы. Смочив серной кислотой разрез коры, он заметил, что из всего разреза только стенки толстостенного луба принимали красный цвет; из того он и заключил, что салицин в коре ивы находится исключительно в оболочке толстостенного луба. Между тем *Богуславский*[123], проверяя показания *Рачинского*, не получил никакого окрашивания коры ивы от концентрированной серной кислоты; стенки лубовых элементов принимали желто-зеленый, а не красный цвет; окружавшая же их ткань делалась коричневой. Причину разногласия этих показаний удалось выяснить *Бабикову*[124]; действуя на кору ивы концентрированной серной кислотой, он получил окраску, описанную Богуславским; окраска же в красный цвет толстостенного луба, вполне соответствующая полученной *Рачинским*, проявлялась только при употреблении слабой серной кислоты.

---

119 Ib., p. 38.
120 *Tangl*. Flora, 1874, 239.
121 *Müller*. Flora, 1874, 339.
122 *Рачинский*. О некоторых химических превращениях растительных тканей. 1866.
123 *Богуславский*. Протоколы 2-го съезда русских естествоиспытателей в Москве.
124 *Бабиков*. Труды Петербургского общества естествоиспытателей Т. 5. Вып. 2 (1874).

разбавленной 40—50 частями воды, неспособной уже окрашивать салицин. Из этого *Бабиков* и заключил, что описанная *Рачинским* красная окраска серной кислотой оболочки толстостенного луба должна быть приписана не салицину, а другому, не определенному еще телу.

Распределение *сапонина* в корне Quillaja saponaria выяснили *Фогель*[125] и *Шлезингер*[126]; оба они указывают, что местом отложения сапонина служит паренхиматическая ткань коры; в дальнейших показаниях они, однако, расходятся; по Фогелю, сапонин отлагается в содержимом клеток в виде бесформенной слизистой массы, между тем как Шлезингер утверждает, что сапонин находится не в содержимом, а в толще оболочки, преимущественно в наружной ее части.

Местонахождение *сирингина* в тканях Syringa vulgaris исследовано *Борщовым*[127] с помощью крепкой серной кислоты; растворяя сирингин, она окрашивает жидкость в желто-зеленый цвет, переходящий в синий, а потом в фиолетовый. При смачивании продольных и поперечных разрезов ветки сирени каплей серной кислоты, разбавленной двумя каплями воды, немедленно обнаруживалась вышеописанная окраска в стенках клеток древесины, луба и сердцевинных лучей; особенно отчетливо окрашивались молодые ткани; из этого *Борщов* заключает, что сирингин находится преимущественно в стенке толстостенного луба, древесины и сердцевинных лучей.

Флороглюцин узнается под микроскопом по розово-красной окраске одеревеневшей оболочки от соляной кислоты. Кроме того, для этой же цели предложена *Везельским* следующая реакция: препарат смачивают азотнокислым толуидином и азотистокислым калием или натрием; в присутствии флороглюцина получается оранжево-красная окраска, переходящая со временем в киноварно-красную. Пользуясь этой реакцией, *Вейнцирль*[128] открыл флороглюцин в коре и в меньшем количестве в древесине у следующих растений: в семействах Amygdaleae, Pomaceae, у Acer campestre, Aesculus Hippocastanum, Salix caprea, Corylus Avellana, Betula alba, Syringa vulgaris, Ampelopsis hederacea, Ribes nigrum и Rosa centifolia. Из всех тканей наиболее богатым флороглюцином был найден феллоген, именно оболочки его клеток. *Франгулин*, открываемый по кроваво-красному цвету, который он принимает от слабого едкого кали или аммиака, найден *Борщовым*[129] в молодых ветвях Rhamnus Frangula: в наружной части сердцевины, в древесной паренхиме, в сердцевинной трубке, в клетках сердцевинных лучей коры; в наибольшем количестве — в ситовидных элементах и тонкостенной лубовой паренхиме.

Распределение *хризофановой кислоты* было расследовано *Борщовым*[130] у Parmelia parietina и Rumex obtusifolia: У Parmelia он нашел ее

---

[125] *Vogl.* Commentar z. Oester. Pharmacopea 1, 238 (см.: Wiesner micrescopische Unters, p. 91).
[126] *Schlesinger.* См.: *Wiesner.* Rohstoffe, p. 496.
[127] *Borscow.* L. c., p. 36.
[128] *Weinzierl.* Oest. Bot. Zeit. 1876, N 9. (Just. Jahresb. 1876, 357 и 368).
[129] *Borscow.* L. c., p. 38.
[130] *Borscow.* Ib., p. 19.

преимущественно в гифах верхней коры; в гонидиальном слое ее было меньше; нижний слой не содержал ее вовсе. Апотеции заключали ее в парафизах, в особенности в их конечных, булавовидно вздутых клетках. *Борщов* отрицает показание *Де Бари*, что хризофановая кислота заключается в зернышках, инкрустирующих оболочку гиф Parmelia parietina. Под микроскопом местонахождения хризофановой кислоты легко узнаются по темно-пурпуровой окраске ткани от раствора едкого кали.

В корне Rumex obtusifolius распределение ее оказалось различным сообразно с возрастом. Молодые корни содержат ее в клетках паренхимы наружной коры, в тонкостенных элементах луба первичных сосудистых пучков. В более развитых корнях, как главном, так и в побочных, хризофановую кислоту удалось открыть в значительном количестве только в тонкостенных элементах луба и сердцевинных лучах вторичных сосудистых пучков; в паренхиме наружной коры ее вовсе не было.

II. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ РАСТЕНИЙ

Неорганические составные части обыкновенно определяют, исследуя золу, получаемую сожиганием растения. Прием этот имеет много недостатков. Некоторые минеральные соединения вовсе не могут быть определены этим путем, так как они от жара разлагаются и улетучиваются, например аммиак и азотная кислота; другие, например серная и фосфорная кислоты, образуются при прокаливании растения, по крайней мере отчасти из серы и фосфора, которые до сожигания входили в состав сложных органических соединений; при обзаливании образуются и углекислые соли, встречаемые в живом растении очень редко в значительном количестве; количество последних в золе обусловливается, кроме того, отношением оснований и нелетучих минеральных кислот; при значительном содержании нелетучих кислот получается зола, лишенная углекислых солей вследствие вытеснения углекислоты другими кислотами. Напротив того, зола изобилует углекислыми солями, если она богата основаниями и сравнительно бедна нелетучими минеральными кислотами.

Принимая во внимание вышесказанное, нельзя не согласиться, что исследование состава золы дает не вполне точное и полное, а только приблизительное представление о содержании в растении минеральных составных частей. Тем не менее за неимением другого приема определения минеральных составных частей в растении приходится в настоящее время довольствоваться вышеописанным способом исследования; перечисленные его недостатки дополняют специальными определениями аммиака, азотной кислоты, серы и фосфора; потери же хлористых щелочей, легко улетучивающихся при прокаливании, стараются избегнуть, обзаливая растение при возможно низкой температуре (ниже красного каления).

Первые обстоятельные исследования над составом золы растений сделаны были *Соссюром*; он же первый пришел к убеждению, что минераль-

ные составные части золы представляют не случайные примеси, а соединения, необходимые для жизни растения, и что они не образуются внутри растения, как это принимали прежде, а заимствуются из почвы. *Соссюр* произвел 74 анализа золы, из них 35 — над древесными, 29 — над возделываемыми и 10 — над дикорастущими кустарниковыми и травянистыми породами. На основании этих анализов он сделал ряд выводов, которые и в настоящее время составляют основу учения о золе растений; он определил главные составные части золы, указал на различие в составе золы органов одного и того же растения, а также и на влияние, которое обнаруживает на состав золы почва.

В настоящее время имеется громадное число анализов золы; обзор их чрезвычайно облегчен недавно законченным капитальным трудом *Вольфа* [131], который не только собрал и распределил анализы по группам, но сделал числовые данные удобно сравнимыми, перечислив их на чистую золу. Сочинение это послужило мне главным источнпком при изложении исследований над составом золы.

Главные составные части золы, общие всем почти растениям, обозначены *Вольфом* в заголовке каждой страницы анализов и заключают соединения, открытые в золе еще *Соссюром*. Согласно сделанному *Соссюром* выводу, зола оказывается составленной преимущественно из фосфорнокислых, сернокислых, хлористых и углекислых солей щелочей (калия и натрия) и щелочных земель (кальция и магния), железа и кремнезема. Представляемые отдельными растениями отклонения в составе золы проявляются, как увидим ниже: 1) в отсутствии одной из тех составных частей золы, которые считаются для большинства растений необходимыми; 2) в преобладании которой-нибудь из составных частей золы над остальными или же 3) в присутствии, иногда в весьма значительном количестве, в золе соединений, не встречаемых у большинства растений.

Примерами с золой неполного состава могут служить следующие растения.

Почти полным отсутствием фосфорной кислоты характеризуется зола Trapa natans. *Клинсик*, работая под руководством *Горуп-Безанеса* [132], нашел в ней лишь следы этого соединения. В прилагаемой табличке приведены сполна результаты анализов золы всего растения, произведенных в два различных срока, а также анализ золы плодов. Плоды были взяты не свежие, а за год отпавшие от растения и плававшие на поверхности воды.

Преобладанием в золе сернокислых солей отличаются, по наблюдениям *Андерсона* [133], Tussilago Farfara, в золе которого он нашел 26,55% серной кислоты; Sinapis arvensis с 14,07%; Senecio Jacobaea с 10,74%, Rubus arcticusс с 14—16% серной кислоты. Большое количество серы в виде тиоорганических соединений оказалось и в Brassica rapa

---

[131] *Wolff*. Aschenanalysen. 1 Theil. 1871; 2 Theil, 1880.

[132] *Gorup-Besanez*. Ann. Chem. Pharm. 118, 220.

[133] *Anderson*. The Journ. of agriculture of Scotland (1864). Transactions, p. 181. (Jahresb. d. Agr. Chem. 1864, p. 94).

Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3

Trapa natans. *Вольф* (*Wolff.* Aschenan. 1. 133)

Вегетативные части (листья и корни), май

25,55	6,89	1,41	14,91	7,56	29,62	—	2,73	28,66	0,65	7,57	—

То же, июнь

13,69	6,06	2,71	17,65	5,15	23,40	—	2,53	27,34	0,46	14,70	—

Стенки плода

7,75	1,26	0,63	9,78	0,91	68,60	—	3,92	4,84	0,41	9,64	—

Весьма незначительным содержанием фосфорной кислоты, а также и щелочей, отличается зола Calamus Rotang.

Calamus Rotang. *Мучлер* [Lieb. Ann. B. 176; 87 (1875)]

3,16	0,65	0,56	16,97	11,81	0,33	0,29	0,76	67,96	—	—	—

NB. Состав его золы почти соответствует соединению: (CaO, MgO. 4 SiO_2)

Зола следующих растений оказалась очень бедною щелочами.

Ephedra equisetina. *Полляк* [Kopp. u. Will. Jahresb. 1863, p. 615 (*Wolff.* 1. 140)]

5,60	5,46	1,05	56,83	5,58	2,38	4,25	3,03	19,94	0,51	—	0,91

Hierochloa borealis. *Коллье* [Annual Report of the commissioner of Agricultur. for 1878. Washington 1879, 185. (*Wolff.* 2. 23)]

8,41	36,98	0,34	3,97	2,54	—	7,42	2,55	42,73	4,49	—	—

Sporobolus indicus. *Вольф* (Ib. 2. 24)

6,19	48,15	—	2,64	2,66	—	6,02	4,60	27,36	11,03	—	—

Setaria setosa. *Вольф* (Ib. 2. 25)

6,71	39,33	4,51	2,31	1,56	—	3,24	3,51	42,59	3,81	—	—

Tripsacum dactyloides. *Вольф* (Ib. 2. 25)

5,96	36,65	6,43	1,64	1,07	—	2,52	3,69	37,87	13,08	—	—

Tricuspis seslerioides. *Вольф* (Ib. 2. 25)

4,55	48,29	—	2,32	0,53	—	1,58	4,04	37,52	7,39	—	—

К растениям, содержащим в золе сравнительно мало щелочных земель, в особенности извести, относятся грибы; преобладающею составною частью их золы является фосфорнокислый калий.

Hormiscium Cerevisiae. *Мичерлих* [См. *Wolff*, Chem. Forschungen. 1847. p. 355. (*Wolff.* 1. 134)]

7,65	39,5	—	1,01	6,05	—	53,84	—	—	—	—	—
7,58	28,3	—	4,27	8,15	—	59,38	—	—	—	—	—

Продолжение

Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Буль [Lieb. Agricultchem. 8 Aufl. I. B. I. 343 (*Wolff.* 1. 134)]											
—	35,28	0,42	4,47	4,15	0,61	54,74	0,08	—	0,09	—	—
Буль [Annal. d. Oenologie, B. 7, 128 (187)]											
—	35,16	0,42	4,47	4,15	—	54,53	0,52	—	—	—	—
Hormiscium Cerevisiae. *Либих* [Journ. f. pract. Chem. N. F. B. I, p. 44, 1870. (*Wolff.* 2. 109)]											
7,8	29,07	2,46	2,39	4,09	—	44,76	—	14,36	—	—	—
Hormiscium Cerevisiae. *Бешан* [Zeitsch. d. Vereins f. Rübenzuckerindustrie. B. 21; 616. 1871. (*Wolff.* 2. 109)]											
7,67	28,79	1,91	2,49	6,55	7,34	58,87	6,38	Следы	—	—	—
9,73	31,52	0,77	2,39	3,77	2,73	53,44	5,05	—	—	—	—
8,88	28,69	0,80	1,61	6,88	0,84	55,63	5,67	—	—	—	—
Saccharomyces mycoderma. *Шульц* [Ann. d. Oenologie. B. 7; 128 (1878) (*Wolff.* 2. 109)]											
7,25	36,26	—	2,72	4,33	—	54,53	0,25	—	—	—	—
Helvella esculenta. *Кольрауш* [Dissert. Göttinger. (*Wolff.* 1. 134)]											
9,03	50,40	2,30	0,78	1,27	1,00	39,10	1,58	2,09	0,76	—	0,80
Morchella esculenta (Ib.)											
9,42	49,51	9,34	1,59	1,90	1,86	39,03	2,89	0,87	0,89	—	1,32
Morchella esculenta. *Зигель* [Oekon. Fortschritte 1871, 38 (*Wolff.* 2. 110)]											
9,72	50,04	1,13	—	3,99	1,43	37,75	5,20	0,02	0,19	—	—
Morchella conica. *Кольрауш* (L. c.)											
8,97	46,11	0,36	1,73	4,34	0,46	37,18	8,35	0,09	1,77	—	—
Clavaria flava. *Зигель* (L. c.)											
9,72	51,47	2,28	—	0,75	2,00	35,7	3,40	1,50	3,02	—	—
Claviceps purpureus. *Герман* [Ann. d. Oenol. 1878. B. 7. 128 (*Wolff.* 2. 110)]											
—	30,06	0,65	1,38	4,88	—	45,12	—	—	—	—	—
Tuber cibarium. *Зигель* (L. c.)											
9,64	55,97	1,32	—	6,51	2,32	30,85	1,53	0,50	0,04	—	—
Tuber cibarium. *Кольрауш* (L. c.)											
8,69	54,21	1,61	4,95	2,34	0,51	32,96	1,17	1,14	—	—	1,11
Boletus edulis. *Соколов* (Ann. d. Oenologie. B. 7. 128. 1878)											
6,99	50,37	3,60	1,00	—	—	25,06	12,97	—	—	—	—
6,99	57,76	0,87	5,95	—	—	26,08	8,42	—	—	—	—

Окончание

Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Boletus edulis. *Зигель* (Oekon. Fortschr. 1871, p. 38.)											
6,09	50,95	3,31	—	5,21	2,47	20,12	13,32	1,46	1,07	—	—
Boletus annulatus. *Соколов* (L. c.)											
—	58,10	3,99	—	—	—	21,74	—	—	—	—	—
Boletus aurantiacus. *Соколов* (Ib.)											
—	56,09	1,65	—	—	—	20,27	—	—	—	—	—
Agaricus Cantharellus. *Зигель* (L. c.)											
8,08	48,75	2,26	—	4,04	2,52	31,32	8,02	1,24	1,14	—	—
Agaricus campestris. *Зигель* (Ib.)											
5,31	50,71	1,69	0,75	0,53	1,16	15,43	24,29	1,42	4,58	—	0,47

oleifera; всего больше в стебле; при перечислении на серную кислоту получилось количество серной кислоты, равное 24% всей золы.

Необыкновенно большое содержание в золе железа, находимого обыкновенно в едва заметном количестве, оказалось в следующих растениях; в люцерне, по *Гаспарену*[134],— до 4% окиси железа; в листьях Urtica dioica, по *Андерсону*[135],— 6,4%; в Elodea canadensis, по *Бисдому*[136],— 10%; *Гаспарен* нашел, что в провансальской пшенице железо составляет по весу $1/5$ часть всей золы; между тем в пшенице из Эльзаса найдены были лишь следы железа (*Бусенго* и *Фрезениус*). *Мение*[137] считает показания *Гаспарена* ошибочными; различные сорта исследованной им пшеницы содержали в золе только $1^1/_2$% Fe_2O_3 и 49% фосфорной кислоты; он полагает, что *Гаспарен* ошибся, приняв за окись железа смесь ее с 11% фосфорнокислого глинозема. Особенно много, как уже приведено было выше, оказалось железа в Trapa natans, в золе листьев и корней — от 23,4 до 29,62% окиси железа; в золе старых же плодов, за год отпавших и собранных с поверхности воды,— 68,6%.

К растениям, наиболее богатым *кремнекислотой*, относятся Equisetum и все Gramineae; в золе E. Telmateja *Виттинг*[138] нашел 70% кремнекислоты; зола этого хвоща равнялась по весу 20% всего сухого вещества; кремнекислота составляла, следовательно, в данном случае $1/7$ часть

134 *Gasparin.* Journ. d'Agric., p. Barral, 1875. (JJ. 1875) и 1876. (JJ. 1876, 889).
135 *Anderson.* Ib. (Jahr. Agric. Chem., 1864, 95).
136 *Bisdom.* Jahr. Agric. Chem. 1881, p. 57.
137 *Meunier.* Annales agron. 6; 252 (1880). Uhlw. Bot. Centralbl. 1880, 1461.
138 *Wolff.* Aschenanal. 1, 141.

веса всего хвоща. Подобно хвощам, обилием кремнекислоты отличается зола злаков, в особенности соломина и листья; количество кремнекислоты в некоторых злаках доходит до 70% чистой золы. Из микроскопических организмов изобилуют кремнекислотою Diatomaceae. Об отложении кремнезема у других растений сказано будет ниже.

Относительно составных частей золы, встречаемых только в некоторых растениях, имеются следующие указания. В золе морских водных или прибрежных растений находится нередко в весьма большом количестве *хлористый натрий*: по определению *Ботома*[139], зола Salicornia herbacea L. составляет 30% всего сухого вещества растения; зола эта на $^3/_4$ состоит из хлористого натрия, так что почти $^1/_{10}$ сухого вещества всего растения состоит из хлористого натрия. Зола зеленых частей Plantago maritima заключает, по *Хармсу*, около 62% хлористого натрия; в золе Arenaria media — 49%; в Nymphaea alba, по *Цише*[140],— около 39%; в Senecio vulgaris, по *Андерсону*[141],— 19,8%; в золе Chrysanthemum segetum — 17,72%.

Из чисел, приведенных касательно хлористого натрия, только последние два перечислены на чистую золу.

Примечание. По исследованиям *Пелиго*[142], в большой части растений натрия не содержится вовсе. *Бунге*, напротив того, утверждает, что *Пелиго* ошибся; на основании тщательно произведенных определений *Бунге*[143] полагает, что соли натрия находятся в растениях в соединении с фосфорнокислыми щелочными землями в виде двойной соли, нерастворимой в воде; между тем *Пелиго* определял соли натрия в водной вытяжке золы. Изменив сообразно с этим обстоятельством способ исследования, *Бунге* нашел значительное количество солей натрия в бобах, клевере, в яблоках и землянике.

Большое распространение натрия в растениях нашел и *Контенжан*[144]; более $^3/_4$ всех исследованных сухопутных растений заключали в золе натрий; всего более натрия он нашел в корнях; воздушные части содержали натрия тем менее, чем ближе находилась исследуемая часть растения к вершине; в верхних ветках и цветах обыкновенно вовсе не было натрия. Водные растения в частях, погруженных в воду, оказались одинаково богатыми натрием; органы же, выросшие из воды, были беднее натрием или же вовсе не заключали его.

Сравнительно редкие составные части золы найдены в следующих растениях.

Йод найден в различных морских водорослях, например в Laminaria. *Ценгер*[145] указывает на присутствие *йода* и *брома* в золе пресноводных растений, между прочим в Lemna minor. В золе Salicornia herbacea *Ботом*[146] нашел 2,3% *бромистого магния* и следы *йодистого магния*.

---

139 *Botom.* Russ. Kriegs Med. Journ. 1875. (Jahr. Agric. Chem. 1875, 135).
140 *Zschiesche.* Erd. Journ. 91, 332. (Jahr. Agric. Chem. 1874, 97).
141 *Anderson.* L. c.
142 *Peligot.* Ann. Chem. Phys. S. 4, t. 12, 431; t. 18, 353 и t. 23, 406.
143 *Bunge.* Ann. d. Chem. Pharm. B. 172, 16. (Just. Jahresb. 1874, 461).
144 *Contejean.* C. R. T. 86, 1151 (1878). (Just. Jahresb. 1878, 592).
145 *Zenger.* Arch. Pharm. S. 3, t. 6, 137. (Jahr. Agric. Chem. 1875, 175).
146 *Botom.* Jahr. Agric. Chem. 1875, 136.

Фтор найден *Сольмс-Горстмаром*[147] в количестве 0,4% в Lycopodium complanatum; *Вике*[148] открыл его в пленках (*glumae*) хлебных растений.

Алюминий оказался существенною составною частью многих видов Lycopodium. В золе L. clavatum найдено *Адерхальдтом*[149] 26,65% глинозема; в L. Chamaecyparissus — 57,36%, в L. complanatum *Ритхаузен*[150] нашел 39,07%; в L. clavatum — 22,5%. Из всех до сих пор исследованных видов только Lycopodium Billardieri Spreng. не заключает глинозема; по крайней мере, *Черчу*[151] не удалось его открыть в золе этого вида. Глинозем находится в Lycopodium complanatum в виде сернокислой соли, так что водная вытяжка этого растения может служить протравой. По *Кнопу*[152], глинозем встречается и в золе лишайников. Уксуснокислый глинозем найден в ягодах и других частях виноградной лозы. *Вокелен* нашел его в пасоке березы; насколько соединение это можно признать за нормальную составную часть пасоки, решить не удалось. На значительное содержание глинозема — от 3,47 до 5,59% — в золе Rubus arcticus (мамура) указал *Бергштрандт*[153]. Растение это, по его наблюдениям, достигает роскошного развития и приносит обильные плоды даже в том случае, если почва столь богата сернокислым глиноземом, что соль эта эфлуоресцирует[56*] на ее поверхности; обыкновенные культурные растения вымирают, если почва заключает 0,5% этой соли, между тем как Rubus arcticus в подобных условиях развивается, по *Бергштрандту*, сильнее, чем на других почвах. В связи с этим находится и обильное содержание в золе Rubus arcticus серной кислоты, доходящее в листьях и молодых побегах до 14,21%, в более же толстых стеблях — до 16% чистой золы.

Марганец открыт в золе целого ряда растений. О значительном содержании его в Trapa natans выше было уже упомянуто, в корне и листьях оказалось от 7,57 до 14,70% Mn_3O_4; в отпавших плодах — 9,64%. *Леклерк*[154] нашел марганец в 20 растениях, всего больше в золе граба (Carpinus Betulus); в ней оказалось 7,5% Mn_2O_3; в красном буке — 5,3%, в ели — 4,5%, в липе — 3,75%, в березе — 3%; в ольхе — 2%; в дубе — 1,5%; в осине — 0,6%; в меньшем количестве он оказался, по *Леклерку*, в виноградной лозе: в стебле ее — 0,2%, в корне — 0,13%, в ягодах винограда — 0,07%; в самшите — 0,06%; в Pinus maritima — 0,3%; табаке — 0,18%. В семенах пшеницы *Леклерк* нашел на каждые 100 г сухого вещества 0,0113 г Mn_2O_3, в ячмене — 0,0056 г, в маисе — 0,002 г, в рисе — 0,001 г. В золе листьев Arum maculatum *Роде*[155] нашел 0,6% Mn_2O_3. На присутствие марганца в золе листьев сосны и ели ука-

---

[147] *Salm-Horstmar.* Pogg. Ann. 111, 333.
[148] *Wicke.* См.: *Meyer.* Lehrb. d. Agr. Chem. 1, 272 (1876).
[149] *Aderchaldt.* См.: *Wolff.* Aschenan. 1, 136.
[150] *Ritthausen.* Ib., p. 136.
[151] *Church.* The Journ. of Botany N. S. T. 4, 169. Just. Jahrb. 1875, 871.
[152] *Knop.* Kreislauf d. Shoffes, p. 263.
[153] *Bergstrand.* Just. Jahrb. 1875, 879.
[154] *Leclerc.* C. R. 75, 1209 (1872).
[155] *Rode.* Vierteljahrschr. f. pract. Pharm. 9. 531. (Jahr. Agric. Chem. 1861).

зал *Дульк*[156]; всего больше содержали его иглы, сидящие на дереве четвертый год; в чистой золе их было найдено 12,78% Mn_3O_4. В меньшем, но тоже значительном количестве (1,7%) содержали эту окись и листья бука.

Из споровых растений богатой марганцем оказалась морская водоросль Padina pavonia, в которой, по *Форхгаммеру*[157], Mn_2O_3 составляет 8,19% всей золы. *Виттштейн*[158] нашел в лишайнике Usnea barbata 5,93% Mn_3O_4, *Вигман*[159] в мхе Sphagnum palustre — 3,24% Mn_2O_3. *Делаханаль*[160] и *Мерме* нашли марганец в спорах Lycoperdon при помощи спектрального анализа. Он оказался также в золе некоторых папоротников и плауновых[161].

Бор был открыт *Форхгаммером*[162] в Fucus и Zostera; *Виттштейном*[163] — в плодах Maasa (Maesia) picta.

При посредстве спектроскопического анализа удалось Фоке[164] указать на присутствие *лития* в золе нескольких видов Thalictrum, Carduus, Cirsium, Salvia, двух видов Samolus и Lathyrus tuberosus. Из европейских видов Thalictrum лития иногда не оказывалось в T. foetidum и T. aquilegifolium. Из видов Carduus удалось найти литий в C. acanthoides L., C. crispus L., C. Personata L. и C. candicans; в других видах этого рода его не было. Богатыми литием были найдены Cirsium canum M.B. и C. bulbosum D. C. Из рода Salvia, по *Фоке*, содержат литий S. nutans L., S. verticillata L., S. virgata.

Рубидий открыт был *Грандо*[165] в золе свеклы, табака, кофе, чая и винограда. *Гуго Ласпейрес* нашел рубидий в золе древесины виноградной лозы, выросшей на почве, содержавшей рубидий и цезий; в золе оказалось 0,003% хлористого рубидия: цезия же зола не заключала, несмотря на присутствие его в почве.

Стронций открыл *Форхгаммер*[166] в золе Fucus vesiculosus.

Барий найден *Шеле* и *Бедекером* в золе Fagus. *Дворжак*[167] открыл его в египетской пшенице; он уже предполагал в ней содержание барита, основываясь на показании *Кнопа*, что ил Нила содержит барий. Стебли египетской пшеницы оказались беднее баритом, чем листья, почти в 3 раза; 5,506 г листьев заключали 0,0049 г барита, между тем как в 5,806 г золы стебля найдено было всего 0,0015 BaO; преобладание бари-

---

[156] *Dulk*. Land. Vers. 18, 175 (1875).
[157] *Forchhammer*. См.: *Либих*. Земл. химия (русск. перев.), с. 243.
[158] *Wittstein*. См.: *Wolff*. Aschenanal. 1, 135.
[159] *Wiegmann*. См.: *Wolff*. Aschenanal. 1, 135.
[160] *Delahanal et Mermet*. *Bull*. soc. chem. (N. S.) 25; 144. (Jahr. Agric. Chem. 1875, 131).
[161] *Wolff*. Aschenanal. 1, 136.
[162] *Forchhammer*. См.: *Pfeffer*. Rflanzenphysiol. 1, 264.
[163] *Wittstein*. Jahr. d. Chem. 1857, 94.
[164] *Focke*. Verhandl. d. naturhist. Ver. in Bremen. 1873 и 1876. (Just. Jahrb. 1873, 291 и 1876, 901).
[165] *Grandeau*. C. R. 54, 1057 (1862).
[166] *Forcchammer*. См.: *Pfeffer*. Pflanzenphysiol. 1, p. 264.
[167] *Dworzak*. Land. Vers. 17, 398 (1874).

та в золе листьев сравнительно со стеблями обнаружило сходство в распределении барита в растении с известью (см. ниже).

На присутствие *цинка* в золе растений указали *Беллами* и *Лешартье*[168]; они нашли его в пшенице, ячмене, маисе, бобах, вике. *Белингродт* открыл его в Viola tricolor calaminaria; *Форхгаммер*[169] в очень малом количестве — в золе древесины и коре дуба, бука, березы и сосны. По исследованиям *Рисса*[170], на почве, богатой цинковой рудой (углекислым или кремнекислым цинком), окись цинка оказывается в золе как дикорастущих, так и возделываемых растений; из них Viola tricolor и Thlaspi arvense изменяют даже свой видовой характер настолько, что даже форму фиалки, вырастающую на почве, содержащей цинковую руду, обозначили названием Viola tricolor calaminaria. *Гофман*[171] отрицает изменение формы Viola и Thlaspi под влиянием присутствия цинка в почве. При культуре в почве с цинком ни Viola tricolor, ни Thlaspi alpestre не обнаружили изменений. Показания эти требуют проверки. Богаче других растений окисью цинка *Рисе* нашел Thlaspi arvense; зола корней заключала 1,66%; зола стеблей — 3,28%, зола листьев — 13,12%, зола цветов — 3,24% окиси цинка. Гораздо меньшее количество содержала Viola tricolor calaminaria; в корнях — 1,52%, в стеблях — 0,62%, в листьях — 1,16%, в цветах — 0,98% всей золы. *Делаханаль*[172] открыл цинк вместе с медью и марганцем в спорах Lycoperdon.

Таллий найден *Бётгером*[173] в свекле, в соке винограда, в корне цикория, в табаке, в древесине бука.

Медь была открыта *Вике*[174] в золе столь многих растений, что он даже находит возможным предположить ее присутствие в золе всех растений. В золе листьев Fagus он нашел 0,13% окиси меди; в листьях Quercus — 0,096%; в Lactuca virosa — 0,086%; в листьях Tilia — 0,066%; в Polygonum aviculare — 0,046%; в коре Fagus — 0,034%; в клеверном сене — 0,033%; в меньшем количестве она оказалась во многих других растениях. *Дюкло*[175] доказал присутствие меди в семенах Theobroma Cacao. *Делаханаль*[176] нашел его в спорах Lycoperdon.

Кобальт и *никель* открыты *Форхгамером*[177] в древесине дуба.

Олово им же — в древесине различных древесных пород.

Селен найден *Камероном*[178] в растениях, выращиваемых в почве с селеновокислым калием.

Титан открыт *Сальм-Горстмаром*[179] в хлебных злаках.

---

[168] *Belamy et Lechartier.* C. R. 84 (1877), 687. (Jahr. Agric. Chem. 1877, 118).
[169] *Forchhammer.* Ann. d. Chem. Phys. 95; 82 (1855).
[170] *Risse.* См.: *Sachs.* Handb. d. Physiol., p. 153 (1865).
[171] *Hoffmann.* Bot. Zeit. 1875, 628.
[172] *Delachanal.* L. c.
[173] *Böttger.* Neue Frankfurter Zeit. (Jah. Agric. Chem. 1864, 99).
[174] *Wicke.* Jour. f. Landwirths. 9, 379. (Jahr. Agr. Chem. 1864, 98).
[175] *Duclaux.* Bull. Soc. chim. 1872, 33. (Just. Jahrb. 1873, 291).
[176] Belachanal. L. c.
[177] *Forchhammer.* См.: *Pfeffer.* Pflanzenphysiol. 1, 264.
[178] *Cameron.* Chem. Centrbl. 1879, 505.
[179] *Salm Horstmar.* См.: *Pfeffer.* Pflanzenphysiol. 1, 264.

Мышьяк нашел *Деви*[180] в шведском турнепсе и горохе при культуре на почве, удобренной суперфосфатом, приготовленным с помощью серной кислоты, которая содержала мышьяк.

Свинец оказался, по *Горуп-Безанесу*, в растениях, выращенных на почве, содержавшей свинец. *Форхгаммер*[181] нашел его в нескольких растениях.

Серебро нашли *Малагути* и *Дюроше*[182] в весьма небольшом количестве в фукусе.

Ртуть открыл *Горуп-Безанес*[183] в Polygonum Fagopyrum и Pisum sativum, к которой примешана была окись ртути.

Состав золы цельных растений

Целым рядом точных аналитических исследований установлено, вне всякого сомнения, что состав золы главным образом определяется самим растением и тесно связан с его формой, хотя до известной степени и может видоизменяться под влиянием почвы и других внешних причин; поэтому понятно, почему нередко рядом растущие растения, принадлежащие различным формам, несмотря на тождественные почти условия произрастания, обнаруживают состав золы совершенно различный.

Постоянство состава золы не только целого растения, но и отдельных частей выяснилось с такою очевидностью, что успело приобрести важное практическое значение; им воспользовались уже давно сельские хозяева при введении севооборота с целью предупреждения одностороннего истощения почвы, неизбежного при повторенной культуре одного и того же растения. Культурные растения по составу золы снимаемых с поля частей растения подразделяются на три группы: кремнеземистые, известковые и поташные, как видно из прилагаемой таблички, заимствованной мною из сочинения *Либиха* «Химия в приложении к сельскому хозяйству» (1865). Цифры эти сведены *Либихом* в табличку из целого ряда наиболее надежных анализов золы, произведенных различными учеными. Колебания в составе золы вызываются не только почвой, но и другими еще не выясненными влияниями; значительную разницу обнаружили *Малагути* и *Дюроше* в золе различных экземпляров одного и того же вида, снятых с одной почвы. Тем не менее они не пожалели труда и успели выяснить различия в составе золы различных семейств; они распространили исследования на 26 семейств, из которых 21 принадлежали двудольным и 5 — однодольным растениям. Чтобы по возможности избегнуть вариации в составе золы от внешних влияний, все растения взяты были из одной местности, с одной почвы, неизвестковой, но содержащей, однако, извести достаточно для успешного произрастания растений, требующих много извести, каковы, например, Polygoneae с 30% извести в чистой золе, Sedum reflexum — с 60% и Malus communis — с 70%.

---

[180] *Davy*. Journ. f. pract. Chem. 79, 330 (1859).
[181] *Forchammer*. L. c.
[182] *Durochet et Malaguti*. См.: *Pfeffer* Pflanzenphys. 1, 264 (1881).
[183] *Gorup-Besanez*. Ann. d. Chem. u. Pharm. 127, 248 (1864).

Названия растений	Соли калия и натрия, %	Соли кальция и магния, %	Кремнезем, %
Кремнеземистые растения			
Овсяная солома и зерно	34,00	4,00	62,08
Солома пшеницы	22,00	7,20	61,05
Ячменная солома с зерном	19,00	25,70	55,03
Ржаная солома	18,65	16,52	63,89
Известковые растения			
Табак гаванский	24,34	67,44	8,30
» немецкий	23,07	62,23	15,25
» выросший на искусственной почве	29,00	59,00	12,00
Солома гороха (стебель и листья)	27,82	63,74	7,81
Луговой клевер	39,20	56,00	4,90
Поташные растения			
Солома кукурузы	71,80	6,5	18,00
Турнепс	81,60	18,40	–
Свекловица	88,80	12,00	–
Земляная груша	84,30	15,70	–

Все приведенные ниже цифры отнесены к чистой золе.

Обзор различия в составе золы по семействам весьма облегчен авторами помещенною в конце статьи синоптическою таблицею, в которой чрезвычайно наглядно сведены числовые данные о содержании наиболее важных составных минеральных соединений в золе каждого семейства. Таблица эта с тремя другими подробными аналитическими таблицами помещена при статье *Дюроше* и *Малагути* [184].

Главнейшие результаты их состоят в следующем.

Хлором беднее всего оказалась зола группы Amentaceae; в ней было найдено менее 1% хлора, иногда же только следы его. Бедною хлором они нашли также золы Coniferae и кустарниковых Rubus и Rosa. К семействам, наиболее богатым хлором, *Малагути* и *Дюроше* относят Cruciferae со средним содержанием хлора в золе в 11,24%, Primulaceae — с 8—20%; Juncaceae — с 8—21%, Gramineae — с 8,78—12,68%.

Замечательно, что при значительном содержании хлора, т. е. свыше 10—12%, в большей части случаев количество натрия, а иногда и натрия с калием было недостаточно для образования хлористых соединений.

Содержание хлора подвергалось колебаниям больше всех остальных составных частей золы.

Серная кислота в наименьшем количестве, около 1%, оказалась в золе Populus fastigiata, P. alba, P. tremula; в золе Populus virginiana —

---

[184] *Malaquti et Durocher.* Ann. d. Sc. Nat. Ser. 4, t. 2, 222 (1858) и Ann. d. Chem. et de Phys. S. 3. T. 54, 257 (1858).

до 4%; у следующих растений содержание серной кислоты найдено было вышесреднего: у Cruciferae и Umbelliferae 6%, у Ericineae — 6,5%; у Euphorbiaceae — 7%; у Pinus strobus — 10%; у Resedaceae — 10—16%.

Наименьшее количество *кремнекислоты* (от 0,3 до 3,7%) заключала зола Amentaceae; от 6 до 12% — зола Buxus sempervirens, Vitis vinifera и Coniferae; менее 10% — Caryophylleae, Dipsaceae и Polygoneae; от 40 до 50% — Gramineae и 48% — зола Ericaceae.

Содержание *фосфорной кислоты*, соединения более важного для развития растений, чем хлор, кремнекислота и даже серная кислота, не понижалось в золе до столь незначительного количества, как вышеперечисленные составные части золы. Среднее содержание фосфорной кислоты было найдено колеблющимся между 4 и 8%.

Больше всего (от 9,5 до 10%) оказалось ее в золе Caryophylleae, Rosaceae, Compositae, Scrophularineae, Euphorbiaceae, Orchicdeae, Juncaceae; в золе Cruciferae они нашли 14,5%.

Замечательное различие в содержании фосфорной кислоты обнаружили кустарниковые и древесные растения сем. Rosaceae; между тем как в кустарниках Rosa и Rubus *Малагути* и *Дюроше* нашли от 14 до 23% фосфорной кислоты, в древесных Rosaceae (Prunus, Malus, Pyrus) она оказалась в количестве 3,2—4,91%.

К древесным породам, богатым фосфорной кислотой, они причисляют Quercus и Ulmus с 7,4—9,6%, Buxus sempervirens — с 11,23%, Salix и Populus — с 11—16% фосфорной кислоты в золе.

Количество *щелочей* найдено было почти постоянным в растениях, принадлежащих одному семейству. К семействам, сравнительно бедным щелочами, т. е. содержащим их в золе в количестве, меньшем 20%, относятся, по исследованиям *Малагути* и *Дюроше*, Crassulaceae, Ericaceae, древесные Rosaceae и Amentaceae; наиболее богатой оказалась бо́льшая часть Ranunculaceae, Resedaceae, Caryophylleae, Dipsaceae, Borragineae, Solaneae, Primulaceae, Liliaceae, Juncaceae и Cyperaceae; в золе их содержание щелочей варьировало между 38 и 50%. Между кустарниковыми и древесными Rosaceae и по отношению к щелочам обнаружилось тоже большое различие; зола первых содержала 23%, зола последних — всего 12% щелочей.

Содержание извести варьировало в золе в отношении, обратно пропорциональном к количеству щелочей; Amentaceae и вообще древесные породы оказались гораздо богаче известью и беднее щелочами, чем растения травянистые. В сем. Gramineae, Equisetaceae известь заменяется кремнекислотою; зола их поэтому содержит малое количество извести и щелочей, но изобилует кремнекислотою.

Подобно щелочам, *магнезия* мало варьировала в золе растения одного и того же семейства. Меньше всего (3,5—4%) содержала ее зола Gramineae, Borragineae, Crassulaceae, Cruciferae. От 10—12% магнезии оказалось в золе Caryophyllae, полукустарниковых Leguminosae, травянистых Rosaceae, Dipsaceae, Personatae, Polygoneae, Amentaceae; всего более, около 14,6%, в кустарниковых Rosaceae, между тем как в древесных Rosaceae только 8,41%.

Окиси *алюминия, железа* и *марганца*, определенные вместе, составляли большей частью от 2 до 4% золы. Меньше всего содержала их зола кустарниковых Rosaceae и Coniferae; наиболее богатой этими соединениями оказалась зола Euphorbia helioscopia, Juncus conglomeratus и Calluna vulgaris, в золе первых двух они найдены в количестве 9%, в золе Calluna vulgaris — в количестве 13%.

Выяснив, с одной стороны, у совместно растущих растений различия в составе золы, обусловливаемые самим растением, *Дюроше* и *Малагути* указали в то же время на видоизменение состава золы в зависимости от почвы. В виде примера приведены здесь некоторые из собранных ими данных.

Таблица Дюроше и Малагути

			На глинистой почве, %	На известковой, %	
Зола	Trifolium incarnatum[185]	содержала	4	20	хлора
»	Brassica oleracea[186]	»	4,63	3,56	серной кислоты
	Brassica nápus	»	7,19	4,20	» »
»	Trifolium pratense	»	3,86	3,05	» »
»	Trifolium incarnatum	»	3,05	1,74	» »
»	Scabiosa arvensis	»	3,70	2,65	» »
»	Brassica oleracea[187]	»	13,62	27,98	извести
»	Brassica Napus	»	19,48	43,60	»
»	Trifolium pratense	»	29,72	43,32	»
»	Trifolium incarnatum	»	26,68	36,18	»
»	Scabiosa arvensis	»	17,16	28,60	»
»	Allium porrum	»	11,41	22,61	»
»	Dactylis glomerata	»	4,62	6,24	»
»	Quercus pedunculata[188]	»	54,00	71,14	»
»	Quercus pedunculata	»	4,7	0,4	окиси алюминия, железа и марганца
»	Populus	»	2,99	0,88	

Относительно остальных соединений приведены ссылки на приложенные к работе аналитические таблицы. Особенно заслуживают внимания взаимные замещения кали и натра, кали и извести, извести и кремнекислоты; причем выяснилось, что преобладанием одного из этих соединений в золе обусловливается меньшее содержание соединения замещаемого.

Своеобразную по составу золы группу составляют водные растения.

Анализы золы водных растений распределены в две группы: в первой сведены анализы морских водорослей (за исключением Chara, растущей в пресной воде), во второй — анализы водных цветковых, из которых Elodea относится к пресноводным, Zostera — к морским, а остальные — к прибрежным морским формам.

---

185 Ibid. P. 275.
186 Ibid. P. 277.
187 Ibid. P. 265.
188 Ib., p. 288. См. также: *Witting*. Journ. f. practische Chem. 63, 149 (1856), анализы золы растений из различных семейств с подобной же целью.

Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3	
Анализы золы первой группы												
Chara foetida. *Шульц Флит* [Lieb. u Kopp. Jahresb. 1850. Tab. C, (*Wolff.* 1; 131)]												
31,33	0,85	0,44	95,35	0,99	0,07	0,54	0,42	1,22	0,16	–	–	
39,08	0,40	0,28	96,23	1,39	0,28	0,28	0,49	0,58	0,09	–	–	
Ceramium rubrum. *Вибран* [Jahresb. d. Agricul. Chem. 1873-74. (*Wolff.* 2; 107)]												
14,34	7,08	23,94	17,44	1,91	1,02	2,95	30,89	1,05	17,65	–	–	
Cladophora glomerata. *Петтер* [Kopp. u Will. Jahresb. 1861; p. 512 (*Wolff.* 1; 132)]												
17,08	0,35	6,38	59,18	1,84	0,53	4,14	13,33	10,60	1,05	–	0,31	
Chorda fluminis. *Вибран* [L. c. (*Wolff.* 2; 107)]												
17,56	1,66	21,11	13,56	9,99	0,22	2,07	31,70	4,37	18,30	–	–	
Delesseria sanguinea. *Форхгаммер* (*Wolff.* Chem. Forsch. 1847; 351). (*Wolff.* 1; 132)												
11,61	14,90	23,17	4,35	6,46	–	2,36	44,18	–	4,58	–	–	
Delesseria sanginea. *Вибран* (L. c.)												
39,52	8,61	20,59	16,53	1,87	0,63	2,44	46,49	0,30	3,31	–	–	
Enteromorpha compressa. *Вибран* (Ib.)												
47,80	10,34	22,17	19,22	3,24	0,90	3,65	22,99	5,11	16,27	–	–	
Fucus nodosus. *Женкинс* [Report of Work of the agricultural. Experiment station Middletown, Connecticut. 1877-78 by W. O. Atwateker 1879, p. 16. [*Wolff.* 2; 108)]												
23,14	13,65	25,89	7,63	8,12	0,49	1,66	25,76	3,09	18,39	–	–	
Fucus serratus. *Гёдехенс* [Wolff. Chem. Forschungen p. 356 (*Wolff.* 1; 130)]												
13,89	4,51	31,37	16,36	11,66	0,34	4,40	21,06	0,43	11,39	–	–	
Fucus serratus. *Вибран* [L. c. *Wolff.* 2; 107)]												
14,19	5,64	14,32	18,99	11,52	1,09	2,03	29,00	1,16	20,04	–	–	0,64 йода
Fucus vesiculosus. *Вибран* [Ib.]												
27,22	4,85	15,70	28,45	9,17	0,93	1,66	20,26	2,04	19,92	–	–	0,17 йода 0,36 брома
Fucus vesiculosus. *Бергшрандт* [Ann. d. Landw. Wochenblatt 1872, p. 429. (*Wolff.* 2; 108)]												
16,18	8,67	18,92	14,93	10,54	8,26	2,19	32,56	–	1,90	–	–	

Продолжение

Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3	
Laminaria saccharina. *Вибран* (L. c.)												
33,47	15,01	4,79	24,62	9,06	0,22	2,79	32,67	1,11	5,94	–	–	1,88 йода 0,52 брома
Sargassum bacciferum. *Форхгаммер* (L. c.)												
11,62	0,78	6,96	47,05	5,85	–	3,33	19,10	1,63	14,30	–	–	
19,39	2,83	33,40	13,42	13,03	–	1,08	13,15	2,60	26,63	–	–	
Анализы золы второй группы												
Arenaria media. *Гармс* [Henneberg Journ. f. Landw. 1859 (*Wolff.* 1; 134)]												
22,15	18,70	40,54	3,72	6,06	0,94	2,26	4,68	3,98	36,55	–	1,03	
Chenopodium maritimum. *Гармс* [Ann. Chem. Pharm. 94, 247 (*Wolff.* 1; 133)]												
Все растение												
31,57	4,40	40,79	4,24	6,61	2,26	2,00	3,03	2,44	44,06	–	–	
Стебель												
24,06	3,14	46,17	4,39	1,98	1,31	1,16	3,35	1,97	47,08	–	–	
Elodea canadensis. *Бисдом* [Chem. Centralbl. 1861; 176. (*Wolff.* 1; 132)]												
17,47	18,07	8,59	37,17	4,44	10,23	8,96	5,29	9,26	3,15	–	–	
Elodea canadensis. *Цише* [Peters. Jahresb. 1864; 93. (*Wolff.* 1; 133)]												
21,73	8,20	18,38	22,83	5,56	5,33	21,24	11,12	4,96	1,27	–	–	
Elodea canadensis. *Фитбоген* [Wochendl. d. Ann. f. Landw. 1868; 91. (*Wolff.* 1; 133)]												
21,44	8,90	5,04	53,72	9,03	1,70	2,94	–	16,63	2,56	–	–	
Elodea canadensis. *Гофмейстер* [Centralbl. f. Agric. Chem. 1879; 915. [*Wolff.* 2; 112)]												
19,22	18,23	6,58	21,17	4,65	12,75	8,86	2,39	20,62	5,54	–	–	
20,16	17,06	9,68	22,33	4,56	13,49	6,42	1,82	20,84	5,68	–	–	
Plantago media. *Гармс* [L. c. (*Wolff.* 1; 134)]												
16,67	11,05	38,00	7,56	5,40	1,38	2,65	5,70	4,31	43,53	–	–	
Zostera marina. *Вибран* [L. c. (*Wolff.* 2; 107)]												
35,26	9,56	17,13	33,48	2,77	0,55	3,34	4,40	8,33	25,67	–	0,46	
Zostera marina. *Бодримон* [*Kopp.* Will. Jahresb. 1862; 512. (*Wolff.* 1; 132)]												
22,17	5,21	11,36	30,13	1,62	1,88	5,43	3,12	25,41	15,12	—	0,27	0,67 йода и следы брома

Общая всем водным особенность проявляется, как видно из вышеприведенных анализов, в очень значительном содержании золы; исключительное преобладание извести (до 95—96%) характеризует золу Chara. Приморские и морские формы отличаются большим содержанием натра и серной кислоты; во многих зола изобилует хлором. Особенность золы этих растений составляет также содержание в ней йода и брома.

Состав золы органов растений

Первые анализы золы отдельных органов растений были произведены *Пертюи* [189]; он нашел, что ствол беднее золою, чем ветви, а ветви меньше содержат золы, чем листья. Дальнейшей разработкой этого предмета занимался *Соссюр* [190]; он произвел весьма большое число анализов золы различных органов растений, которые привели его к целому ряду весьма любопытных результатов, не утративших значения и в настоящее время.

Главнейшие из них состоят в следующем:

1) распределение золы в стебле неравномерное; кора богаче золою, чем заболонь; в заболоне же больше золы, чем в старой древесине;

2) листья, ежегодно опадающие, богаче золою, чем листья деревьев вечнозеленых;

3) во всех листьях с возрастом процентное содержание золы возрастает;

4) зола древесины, особенно заболони, отличается от золы коры *большим* содержанием солей щелочей, фосфорнокислых щелочных земель и *меньшим* количеством углекислого кальция и кремнекислоты;

5) преобладающей составной частью золы оказался углекислый кальций, в меньшей степени — кремнекислота. Из пяти исследованных древесных пород (Populus, Quercus, Corylus Avellana, Morus alba и Carpinus betulus) только в коре Morus содержание кремнекислоты было значительное;

6) зола листьев распускающихся почек составлена по преимуществу из солей щелочей и фосфорнокислых щелочных земель; первые составляют половину, а в некоторых растениях (например, Quercus) $^3/_4$ веса всей золы. По мере развития листьев состав золы меняется; в ней убывают щелочи и фосфорные щелочные земли и заменяются углекислым кальцием и окисями магния, железа и марганца;

7) в золе семян преобладают соли щелочей, особенно фосфорнокислый калий и фосфорнокислые щелочные земли; углекислого кальция зола семян вовсе не содержит.

Результаты *Соссюра* были подтверждены и дополнены новыми интересными данными *Гарро* [191]. Числовые данные *Гарро* относятся к чистой золе. Исходной точкой для сравнения золы органов растений он избрал

---

189 *Perthuis.* Ann. d. Chem. 19.
190 *Saussure.* Recherches chimiques (1804).
191 *Garreau.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 13, 145 (1860).

зачаточные стадии их развития — зародыш и почки; последние оказались сходными между собой не только по содержанию, но и по составу золы; в зародыше пшеницы *Гарро* нашел 7% золы, в зародыше маиса — 7,8%, в осевой части зародыша боба — 6,5%; близкие цифры получились для осевой части стеблевых почек; у Populus tremula — 7%, Corylus Avellana — 7%, Salix caprea — 7%, Siringa vulgaris — 7%, Malus communis — 7,5%, Pyrus communis — 8,0%; несколько большее содержание было найдено в почках следующих растений: у Persica vulgaris — 9%, Acer campestre — 9%, Juglans regia — 9,5%, Sambucus nigra — 10%, Ulmus campestris — 10%. Сходные цифры, колеблющиеся между 6 и 8,5%, дали листья распускающихся почек у 17 исследованных древесных и кустарниковых пород.

Характерной особеннстью золы зародыша и почек оказалось преобладание фосфорнокислых солей щелочей и щелочных земель и полное отсутствие углекислых щелочных земель.

По мере развития из зародыша и почек различных органов проявлялась все большая и большая разница в процентном содержании золы; в одних оно убывало постепенно с возрастом органа, в других, напротив того, увеличивалось. К первым *Гарро* относит стебли и корни древесных пород; ко вторым — листья (за исключением только некоторых неопадающих, например у Laurus nobilis и Nerium Oleander), стебли травянистых и стебли и корни растений водных; последние, однако, отличаются тем, что содержание золы возрастает в них до цветения растения, а затем, хотя и в очень слабой степени, убывает.

Выводы свои *Гарро* подкрепляет следующими числовыми данными; убыль в процентном содержании золы ветви обнаружилась чрезвычайно наглядно во всех 13 произведенных сравнительных анализах золы почек и однолетних ветвей; в виде примера приведу некоторые из них.

	Содержание золы, %	
	Осевая часть зародыша	Однолетняя ветвь
Pyrus communis	8,00	2,39
Malus communis	7,50	1,95
Persica vulgaris	9,00	2,07
Tilia Europaea	7,50	2,13

Столь же очевидна убыль процентного содержания золы в корне Corylus Avellana по мере его роста:

корни в	0,5	мм	в диаметре	заключали	4,30%	золы
»	1,0	»	»	»	3,00	»
»	30,0	»	»	»	2,00	»
»	100,0	»	»	»	1,50	»

Возрастание содержания золы в стебле проявилось во всех пяти исследованных травянистых растениях, из которых четыре принадлежат

к водным формам:

		Содержание золы, %
Hottonia palustris	Первые два междоузлия	13,60
	Последние два	9,00
Potamogeton lucens	Первые два междоузлия	18,61
	Последние два	17,10
Ranunculus aquatilis	Первые два междоузлия	18,61
	Последние два	14,31
Hippuris vulgaris	Первые два междоузлия	15,00
	Последние два	12,00
Veronica arvensis	Нижние междоузлия	12,00
	Средние	10,04
	Верхние	8,00

Возрастание процентного содержания золы в отдельных листьях сказалось не только во всех 17 исследованных древесных породах, но и в листьях травянистых и водных растений.

			Содержание золы, %
Veronica arvensis	Листья	5 нижних междоузлий	25,00
	»	5 средних »	22,00
	»	5 верхних »	18,00
Lysimachia vulgaris	Низшее	кольцо листьев	15,00
	Пятое	» »	11,45
	Девятое	» »	9,06
Hottonia palustris	Листья	средней части стебля	30,00
	»	верхней » »	12,00
Ranunculus aquatilis	Листья	средней части стебля	38,00
	»	верхней » »	12,50
Hippuris vulgaris	Листья	средней части стебля	16,50
	»	верхней » »	11,50

Исключения из этого правила представили только два растения с вечнозелеными листьями (Laurus nobilis и Nerium Oleander) и одно растение с мясистыми листьями (Saxifraga crassifolia); у первых двух процентное содержание золы убывало с возрастом, у последнего оставалось без изменения. Отклонения эти не могут быть приписаны консистенции листьев, так как другие растения с мясистыми листьями (Sedum, Sempervivum, Aloë, Epiphyllum, Saxifraga), а также и два растения с неопадающими листьями (Rhododendron ferrugineum и Ilex Aquifolium) обнаружили также возрастание процентного содержания золы в листьях.

Примечание. Пример убыли процентного содержания золы представляют, кроме того, еще по двукратному определению *Вундера* (Land. Vers. 3, 26) листья Beta vulgaris; он находил в молодых листьях свеклы больший процент золы, чем в старых; то же утверждает и *Гофман* (Land. Vers. 4, 208).

Гарро подтвердил вышеприведенные результаты *Соссюра* относительно процентного содержания золы в различных частях растений; он также нашел, как мы уже видели, в листьях большее содержание золы, чем в ветвях и в стволе; в стволе кора оказалась более богатою золою, чем древесина. Кроме того, в коре воздушных частей растений *Гарро* нашел больше золы, чем в коре корня.

В листе, по показанию *Гарро*, черешок содержит больше золы, чем листовые нервы, а последние богаче золою, чем листовая паренхима. Из 14 исследованных растений в 13 паренхима листа оказалась беднее золою, чем нервы; единственное исключение представила Nicotiana tabacum, где в нервах и паренхиме содержание золы оказалось одинаковым и равным 18%. Преобладание золы в черешке сравнительно с нервами нельзя считать еще доказанным: из семи сравнительных определений четыре говорят в пользу положения *Гарро*, в двух содержание золы в черешке и нервах оказалось приблизительно равным, а в одном (Cissus quinquefolia) в черешке золы было меньше, чем в нервах.

Особенный интерес представляет указание *Гарро* на различное содержание золы в разных частях зерновки злаков (пшеницы и маиса) и семени боба. Белок злаков и семядоли боба оказались содержащими золы гораздо меньше зародыша злаков и осевой части боба:

	Пшеница	Маис	Боб
Стенка зерновки с оболочкой семени пшеницы и кожура семени боба содержали, %	5,70	6,57	6,5
Белок пшеницы и маиса и семядоли боба	0,90	0,87	2,50
Зародыш пшеницы и маиса, а также осевая часть зародыша боба	7,00	7,80	6,50

Из прилагаемой таблички видно, что зародыш пшеницы и маиса содержит в 8—9 раз больше золы, чем белок, и что в осевой части зародыша боба содержание золы в 3 раза больше, чем в семядолях.

Наиболее характерной особенностью золы зародыша и почек оказалось преобладание фосфорнокислых солей щелочей и щелочных земель и совершенное отсутствие углекислых щелочных земель; поэтому *Гарро* приписывает первенствующее значение в образовательных процессах тканей фосфорнокислым солям, признавая за остальными составными частями золы, накопляющимися в органах по мере их разрастания, лишь роль второстепенную.

В последнее время произведено много сравнительных исследований золы органов растений: все они не только тщательно сведены, но и перечислены на чистую золу *Вольфом* в его обширной работе «Aschenanalysen», изданной в двух частях, из которых первая вышла в 1871 г., а вторая — в 1880 г.

Из этого сочинения заимствованы почти все нижеприведенные анализы. Я выписал наиболее выдающиеся и расположил в систему, подразделив их на две группы: к первой отнесены мною анализы золы травянистых и кустарниковых растений, ко второй — анализы золы древесных пород.

Анализы золы травянистых и кустарниковых растений

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
А. Растения с надземной осевой частью												
№ 1. Arundo Phragmites. *Фитбоген* [Land. Vers. 7; 302 (*Wolff*. 1; 42)]												
Корневище с почками	6,07	20,9	1,8	2,8	1,5	0,7	4,0	—	57,7	—	—	—
Стебель подводный	4,84	26,7	0,6	1,7	1,4	—	5,6	—	59,1	—	—	—
Стебель	4,78	16,2	0,7	2,3	2,5	1,9	5,6	—	66,3	—	—	—
Раструбы нижних листьев	14,1	13,8	0,5	2,8	1,1	1,4	2,0	—	73,2	—	—	—
Нижние листья	16,56	14,8	0,05	8,6	1,6	—	3,4	—	59,7	—	—	—
Раструбы верхних листьев	16,67	13,3	0,5	2,7	0,4	0,4	2,1	—	77,7	—	—	—
Верхние листья	12,39	10,7	0,3	5,3	1,3	0,7	4,1	—	66,2	—	—	—
№ 2 Bromus Schraderi. *Терель* [Journ. d. Agricult. pratique. 1864. B. 1; 177. (*Wolff*. 1; 42)]												
Корни	13,30	2,47	—	5,21	2,35	1,08	2,74	1,29	82,91	1,99	—	—
Соломина	5,07	7,53	—	15,92	7,18	3,29	8,38	3,92	47,63	6,09	—	—
Листья	6,31	3,71	—	7,75	3,50	1,63	4,10	1,93	74,40	2,98	—	—
Колосья	7,15	6,80	—	14,20	6,04	0,41	11,52	3,37	52,18	5,49	—	—
№ 3 Cynara scolymus · *Уё* и *Огнстон* [Lieb. Agricult.-Chem. Aufl. 8; B. 1; 257 (*Wolff*. 1; 99)]												
Корень	9,89	66,89	—	3,79	1,48	0,51	19,28	4,28	1,72	2,64	—	—
Стебель	3,28	51,47	4,19	27,22	2,56	1,18	4,00	4,33	2,02	3,81	—	—
Листья	21,41	9,00	6,19	53,07	2,57	1,51	0,81	2,92	22,80	1,46	—	—
№ 4 Gossypium herbaceum. *Жаксон* [Report. of the commissioner of Patents for 1857. Agriculture. Washington, 1858; p. 296—304. (*Wolff*. 2; 53)]												
Стебель	1,81	14,70	17,27	32,24	5,67	4,84	14,12	2,12	5,93	3,11	—	—
Листья	7,86	16,60	9,00	34,32	0,94	3,18	13,18	5,02	7,26	10,47	—	—
Семя	4,00	30,85	11,18	4,63	19,65	—	26,60	2,18	0,40	1,08	—	—
№ 5. Idem												
Стебель	—	20,11	9,18	37,15	0,96	—	20,89	2,53	2,16	1,04	—	—
Листья	—	14,38	8,93	34,82	1,75	—	24,27	6,34	5,99	3,33	—	—
Семена	3,63	36,80	8,56	4,82	16,70	—	31,30	0,27	0,28	1,09	—	—

№ 6. Humulus Lupulus. *Мадинье* [Land. Centralbl. 1861, 130 (*Wolff.* 1; 111)]

Стебель	3,83	30,44	3,43	38,68	4,12	0,21	7,01	3,44	6,07	8,52	–	–
Листья	13,63	14,95	5,40	49,68	2,38	1,86	4,07	5,03	12,15	5,76	–	–
Шишки	9,64	26,19	3,83	15,97	5,77	3,18	14,05	5,40	21,60	5,18	–	–

№ 7. Kent. *Мадинье* (L. c.)

Стебель	3,87	17,11	10,17	22,94	16,61	2,51	12,98	4,14	7,46	7,99	–	–
Листья	19,77	6,51	5,99	40,99	7,92	0,36	5,00	4,61	25,88	3,53	–	–
Шишки	15,27	20,72	1,74	24,58	6,35	1,55	9,48	4,33	25,83	3,09	–	–

№ 8. Bentley *Мадинье* (L. c.)

Стебель	6,41	31,00	1,58	27,15	4,28	0,48	13,70	2,64	11,34	10,11	–	–
Листья	19,30	16,57	1,89	34,98	5,50	0,12	11,62	2,15	25,41	3,39	–	–
Шишки	8,83	38,13	0,39	9,77	4,87	0,67	17,65	5,30	19,53	4,77	–	–

№ 9. Indigofera tinctoria. *Петерман* и *Симон* (*Wolff.* 2; 59)

Корень	–	23,04	6,80	23,97	3,86	11,79	10,45	1,72	19,03	Следы	–	–
Стебель	–	26,84	4,66	40,15	5,13	10,61	9,40	1,85	1,39	»	–	–
Листья	–	30,01	1,47	42,27	5,74	2,20	10,79	2,59	1,93	1,30	–	–

№ 10. Linum usitatissimum. *Бретшнейдер* и *Кюлленберг*
[Mittheil. d. landw. Centralvereins f. Schlesien H. 13, p. 121. 1862 (*Wolff.* 1; 108)]

Стебель: 6 июня	11,08	43,27	6,81	15,22	6,30	0,66	7,69	6,23	1,29	16,12	–	–
13 июня	6,61	40,55	7,51	13,95	5,63	1,06	9,79	6,02	2,09	17,29	–	–
2 июля	3,22	43,67	5,72	13,26	8,41	0,44	12,67	6,82	1,11	10,18	–	–
7 июля	3,13	36,05	10,78	15,47	8,16	0,66	11,49	5,44	3,88	10,39	–	–
Листья: 6 июня	10,36	26,99	10,32	16,71	9,28	1,69	10,09	9,09	6,16	12,60	–	–
13 июня	8,70	23,66	12,29	18,43	8,88	2,03	11,20	7,00	7,30	11,87	–	–
2 июля	6,83	31,48	4,55	19,88	8,38	0,47	14,59	8,58	4,22	10,12	–	–
7 июля	5,53	28,12	6,48	22,81	7,89	0,79	13,20	6,77	5,19	9,99	–	–

№ 11. Lupinus luteus. *Бейер* [Peters Jahresb. 1867. p. 66. (*Wolff.* 1; 56)]

Стебель	3,86	21,94	10,30	31,98	10,40	1,87	8,66	9,10	2,50	4,08	–	–
Листья	6,06	16,85	2,43	39,55	7,09	7,40	9,23	5,42	7,45	2,19	–	–
Стручки	2,16	47,54	3,69	19,48	7,98	0,22	6,07	2,53	5,14	2,22	–	–

Продолжение

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
№ 12. Lupinus luteus. *Зиверт* [Jahresb. d. Agricult. Chem 1870—72. (*Wolff*. 2; 36)]												
Стебель: наполовину зрелый	3,80	41,62	0,08	22,10	3,80	0,68	9,11	14,56	1,37	6,80	—	—
совершенно зрелый	3,65	31,84	16,67	29,35	2,11	0,68	6,09	7,70	1,83	1,42	—	—
Листья: наполовину зрелые	7,01	16,70	4,94	58,58	1,45	2,60	4,90	5,69	3,60	2,18	—	—
совершенно зрелые	6,38	16,04	4,83	55,63	1,01	3,20	5,96	4,25	8,66	0,43	—	—
Стручки: полузрелые	2,46	57,02	8,34	16,48	Следы	0,98	10,13	2,86	0,61	5,23	—	—
зрелые	2,30	50,83	10,20	26,05	Следы	1,19	4,42	1,96	4,11	1,22	—	—
Семена: полузрелые	4,41	31,23	6,99	11,68	12,25	0,71	34,41	0,42	0,50	1,81	—	—
зрелые	3,95	27,49	2,75	6,46	17,27	0,11	37,55	6,64	1,03	0,80	—	—
№ 13. Lupinus синий. *Зиверт* (Ib)												
Стебель наполовину зрелый	4,08	31,81	2,36	25,12	5,22	0,28	12,76	5,22	16,82	1,06	—	—
Листья наполовину зрелые	7,81	24,09	9,04	40,39	2,57	2,89	7,70	3,34	7,18	2,81	—	—
Полузрелые стручки без семян	3,05	43,99	2,20	15,10	4,08	2,56	15,76	4,49	10,61	1,20	—	—
Полузрелые семена,	4,12	29,36	0,65	13,31	9,55	0,46	36,54	8,02	1,36	0,67	—	—
№ 14. Nicotiana tabacum (Мариланд). *Жаксон* [Report... for 1858, 209—301. (*Wolff* 2; 54)]												
Стебель	7,73	47,76	10,71	13,67	0,95	1,67	14,90	2,43	2,86	3,52	—	—
Листья	11,87	21,57	1,72	27,77	9,80	3,43	10,42	9,80	10,54	4,61	—	—
№ 15. Другой сорт мариланда. *Жаксон* (Ib.)												
Стебель	7,15	33,95	8,88	29,12	0,49	1,58	12,54	5,46	3,90	3,81	—	—
Листья	12,58	23,85	5,12	30,34	2,35	1,41	8,39	1,78	24,88	1,08	—	—
№ 16. Массачусетс. *Жаксон* (Id.)												
Стебель	8,78	48,99	11,22	14,45	0,98	2,44	15,29	2,49	0,49	3,61	—	—
Листья	14,46	26,70	7,90	33,70	2,09	1,57	9,95	3,60	12,43	2,20	—	—

№ 17. Primula farinosa.
Виттштейн [Chem. Pharm. Centralbl. 1858; 946 (*Wolff.* 1; 143)]

Корень	8,37	2,51	21,10	25,86	4,79	1,24	3,87	2,69	30,16	3,57	2,27	1,91
Стебель	5,90	32,58	8,39	21,24	9,79	0,16	8,18	1,60	6,25	11,15	—	0,66
Листья	11,73	20,16	8,72	25,77	12,33	1,01	4,46	5,91	9,49	11,01	—	1,13
Цветы	5,80	32,65	4,67	14,30	10,43	0,64	10,08	6,54	12,93	6,33	—	1,37

№ 18. Rheum palmatum.
Ридчарсон [Ann. Chem. Pharm. 67 (1848) (*Wolff.* 1; 100)]

Стебель	14,44	59,59	5,15	10,04	—	1,47	14,13	1,89	2,77	5,37	—	—
Листья	7,93	14,47	31,17	3,95	5,59	1,23	31,14	9,52	2,33	—	—	—

№ 19. Secale cereale.
Гейден, Грубер и *Фритче*
[Ber.ü.d. Vers. Station Pommritz. 1868—69, p. 69. (*Wolff.* I; 16)]

Подземная часть: 8 мая	14,78	10,52	2,95	11,32	5,65	—	6,93	4,38	57,06	1,53	—	—
15 мая	10,46	13,15	4,20	12,27	6,32	—	12,52	7,09	43,91	0,69	—	—
28 мая	14,23	10,67	4,51	8,76	4,92	—	6,08	7,42	57,63	—	—	—
10 июля	13,78	7,88	1,23	11,86	6,16	—	6,53	3,70	62,64	—	—	—
Надземная часть: 8 мая	8,05	35,05	10,70	8,90	3,56	—	9,48	4,83	25,31	2,75	—	—
15 мая	5,61	41,86	1,86	12,26	5,31	—	10,52	4,52	18,37	6,85	—	—
28 мая	4,13	42,43	3,46	14,92	6,57	—	12,41	4,61	9,60	7,75	—	—
10 июля	2,79	37,02	2,06	16,42	8,56	—	19,48	5,99	7,90	3,32	—	—

№ 20. Trifolium pratense. *Пинкус* и *Рёлиг* [Land. Vers. 10; 511 (*Wolff.* 1; 59)]

Стебель	7,88	53,27	—	25,52	9,33	0,50	4,20	1,05	2,09	5,22	—	—
Листья	8,11	32,73	5,68	34,53	7,66	1,57	7,56	1,96	4,88	5,56	—	—
Цветы	8,27	44,25	—	28,24	7,97	1,21	10,71	2,99	1,76	3,71	—	—

№ 21. Vitis vinifera (Barbera).
Ротонди [Relazione della r. statione oenologica d. Asti. 1878. (11—117). *Wolff.* 2; 64]

Ветви	2,66	34,54	0,88	36,83	6,64	2,32	7,69	3,42	6,36	0,74	—	—
Листья	8,34	6,53	0,64	45,06	8,04	1,04	0,92	2,82	34,22	0,62	—	—

№ 22. Grignolino. *Ротонди* (Ib.)

Ветви	2,41	33,47	1,77	35,18	6,50	1,90	10,01	4,67	6,01	0,91	—	—
Листья	9,52	6,36	0,64	41,61	8,36	0,74	0,66	1,41	39,44	0,50	—	—

Продолжение

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_3	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
№ 23. Pinot. *Ротонди* (Ib.)												
Ветви	2,91	32,84	1,78	32,76	5,38	2,47	10,56	4,07	8,60	1,26	–	–
Листья	8,30	6,63	0,58	46,32	8,78	1,28	0,90	1,41	33,11	0,46	–	–
№ 24. Zea Mays во время цветения. *Леклерк* [Journ. d'agricult. pratique. 1877; p. 777 (*Wolff*. 2; 18)]												
Стебель	5,30	55,30	1,86	16,62	8,31	–	5,73	–	12,32	–	–	–
Листья	7,70	20,43	2,76	13,73	4,69	–	3,31	–	55,07	–	–	–
Женское соцветие	4,42	40,40	5,30	19,95	12,88	–	7,58	–	13,89	–	–	–
Мужское	4,66	32,67	1,40	17,10	9,55	–	7,15	–	32,13	–	–	–
№ 25. Zea Mays. *Бараль* [Journ. d' agr. pratique 1877; 446 (*Wolff*. 2; 19)] Срезано, когда зерна были еще полужидки (milchreif)												
Стебель: нижний	1,74	2,41	8,39	14,31	8,73	0,63	14,02	8,65	41,37	Следы	–	–
средний	2,69	14,61	12,57	10,29	10,52	2,08	9,07	5,61	29,83	2,15	–	–
верхний	4,57	20,72	8,25	10,32	15,57	0,48	10,35	5,18	23,74	4,93	–	–
Листья	10,99	1,23	6,78	13,78	5,64	0,46	3,97	3,21	63,76	1,04	–	–
Плодовая ножка	5,20	7,88	10,37	11,87	15,03	0,11	10,01	6,13	35,83	2,73	–	–
Початок	1,70	27,11	21,36	3,46	7,05	–	33,55	3,58	0,34	3,52	–	–
B. Растения с подземною осевою частью												
№ 26. Allium porrum. *Ридчарсон* [Ann. Chem. Pharm. B. 67. (*Wolff*. 1; 100)]												
Луковица	3,50	32,35	10,42	12,66	2,70	7,04	21,34	8,34	3,04	2,73	–	–
Стебель	10,09	13,98	14,43	25,10	–	5,33	4,73	16,50	19,77	–	–	–
№ 27. Allium porrum. *Потт* [Sammlung physiol. Abh. v. Preyer (*Wolff*. 2; 52)]												
Луковица и корни	9,06	29,08	17,88	8,08	3,13	8,17	12,04	6,45	11,68	3,49	–	–
Луковица	8,25	40,73	6,85	21,73	4,43	0,62	7,64	4,10	7,27	6,63	–	–
№ 28. Allium cepa rosea. *Потт* [Ib. (*Wolff*. 2; 52)]												
Луковица	5,28	25,05	3,18	21,97	5,29	4,53	15,03	5,46	16,72	2,77	–	–
Листья	10,59	29,45	5,66	34,23	4,10	3,17	4,05	4,17	9,93	5,24	–	–

Beta vulgaris.
Уё и *Онгстон* [Strumpf Fortschr. d. angew. Chem. 1853, 1; 144 (*Wolff.* 1; 78)]

№ 29. Mangold Yellow Globe (Ib.)

Корень	9,27	28,76	39,20	2,17	2,14	0,90	5,49	4,49	2,71	18,20	–	–
Листья	13,03	8,96	34,56	9,37	10,57	1,57	6,33	7,03	2,33	24,56	–	–

№ 30. Mangold Longred. *Уё* и *Онгстон* (Ib.)

Корень	6,02	25,57	34,62	2,24	2,11	0,61	1,95	3,70	1,65	35,45	–	–
Листья	16,75	29,82	22,70	8,73	7,51	1,03	5,55	4,92	2,42	22,31	–	–

№ 31. Mangold Longred. *Уё* и *Онгстон* (Ib.)

Корень	7,84	37,06	33,88	2,77	3,56	0,71	3,97	4,22	5,24	10,98	–	–
Листья	17,84	29,32	23,06	9,65	9,69	0,51	4,67	6,67	1,44	19,30	–	–

№ 32. Mangold Longred.
Мюллер и *Миттенцвей* [Zeitschr. f. Landwirthsch. v. Stöckard. 1860. (*Wolff.* 1; **78**)]

Циклы листьев: наружный (1-й)	19,35	11,56	31,21	10,96	17,08	0,73	2,83	2,53	1,09	21,05	0,95	–
2-й	16,55	17,65	27,58	6,40	17,95	0,54	5,37	2,57	–	21,28	0,71	–
3-й	12,22	21,62	26,16	6,08	15,78	1,02	6,17	2,98	–	19,69	0,51	–
4-й	11,12	29,56	21,02	4,75	8,97	5,16	8,88	3,11	0,83	18,01	Следы	–

Указанное в предыдущих анализах различие в составе золы корня и листьев вполне подтверждается и следующей таблицей, в которой сведены данные о процентном составе золы кормовой свеклы в три различных периода ее развития:

№ 33. Beta. **vulgaris.** ***Уё*** и *Онгстон* [L. c. (*Wolff.* 1; 78)]

Корни: 30 июля	6,98	62,79	5,61	3,31	4,11	1,10	13,42	2,90	4,71	3,17	–	–
26 августа	7,50	58,73	5,18	3,92	5,23	1,21	13,35	2,18	6,48	4,84	–	–
6 октября	7,76	57,66	7,51	4,04	5,90	0,82	13,06	3,58	3,72	4,90	–	–
Листья: 30 июля	17,22	45,89	10,44	10,82	3,44	2,61	9,48	6,30	8,27	3,51	–	–
26 августа	15,09	40,28	11,47	13,63	9,08	2,48	4,64	8,33	7,50	3,39	–	–
6 октября	17,64	33,99	13,48	13,84	11,20	1,56	4,99	10,20	6,81	5,05	–	–

Продолжение

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
№ 34. Beta vulgaris. *Бретшнейдер* и *Кюлленбер* [Mittheil. d. landw. Centralver. f. Schlesien. 1861 (*Wolff.* 1; 86)]												
Листья: наружного круга	15,98	18,74	18,26	24,20	24,48	1,42	3,30	5,37	1,52	3,50	—	—
2-го	10,94	25,98	17,82	19,21	22,29	0,49	4,81	5,61	0,79	3,88	—	—
3-го	9,12	32,78	18,87	18,20	13,05	0,63	5,82	5,63	2,28	3,53	—	—
4-го	8,30	37,41	18,20	15,77	8,95	0,58	8,90	5,22	2,14	3,65	—	—
5-го и 6-го (самые молодые)	8,35	50,27	14,56	4,76	6,71	0,51	12,69	5,86	1,65	3,98	—	—
Корень: внутреннее кольцо	4,58	44,91	22,01	4,44	6,16	0,88	11,38	4,39	4,06	2,26	—	—
2-е	3,93	47,13	20,09	4,34	6,65	0,41	10,66	5,06	3,91	2,25	—	—
3-е	3,22	40,08	24,78	5,71	5,91	0,38	11,10	5,56	5,03	1,85	—	—
4-е	2,62	34,66	24,50	6,33	8,61	0,55	13,77	6,26	4,15	1,50	—	—
5-е	3,57	32,19	21,62	5,76	10,69	1,32	19,03	6,62	2,07	0,90	—	—
Самое наружное (6, 7 и 8-е кольца)	3,93	34,07	17,12	11,86	8,03	0,78	19,06	5,70	2,94	0,54	—	—
№ 35. Beta vulgaris. *Бретшнейдер* и *Мецдорф* [Mittheil. d. landw Centralver. f. Schlesien. 1860. (*Wolff.* 1; 87)]												
Корень: 20 июля	7,31	48,00	14,25	3,44	7,89	0,73	15,99	4,22	3,34	2,77	—	—
9 августа	6,81	41,00	12,60	5,08	9,33	1,12	18,42	4,47	3,34	6,00	—	—
31 августа	6,66	44,69	10,38	5,47	9,17	1,52	16,82	4,97	4,70	2,95	—	—
15 сентября	5,02	46,44	7,82	6,52	9,96	0,83	16,92	4,20	4,66	3,43	—	—
30 сентября	4,33	48,34	6,73	6,65	8,66	0,70	18,58	4,31	3,40	3,40	—	—
16 октября	3,83	44,08	5,72	6,46	10,48	1,15	17,85	8,89	3,06	2,97	—	—
Листья: 20 июля	11,22	17,75	18,18	12,04	25,93	1,65	10,38	4,89	1,65	9,72	—	—
9 августа	9,50	20,85	13,83	18,31	17,49	1,55	8,75	8,82	3,58	9,16	—	—
31 августа	9,72	24,99	13,43	14,87	20,74	0,85	8,10	8,55	2,34	7,92	—	—
15 сентября	12,67	22,15	9,82	20,28	19,84	1,42	6,94	10,15	4,63	6,16	—	—
30 сентября	13,08	18,59	14,91	23,83	13,00	2,16	6,59	11,09	4,88	6,40	—	—
16 октября	20,69	12,62	12,86	18,20	16,46	1,21	9,17	8,34	5,58	7,20	—	—

№ 36. Brassica oleracea.
Потт [Sammlung physiol. Abhandl. v. Preyer. 1 Reihe, 1 Heft. (*Wolff.* 2; 51)]

Стебель	13,36	39,42	6,60	11,52	3,96	Следы	7,42	12,17	10,14	8,77	—	—
Внутренние листья	10,84	26,82	13,86	14,83	4,19	1,56	13,19	12,85	5,17	7,53	—	—
Наружные листья	16,65	16,11	5,97	29,45	4,18	Следы	2,78	15,43	13,00	13,08	—	—

№ 37. Brassica oleracea var. capitata alba. *Потт* (Ib.)

Стебель	12,62	39,87	18,07	7,88	4,80	0,55	11,88	7,37	0,30	9,28	—	—
Внутренние листья	10,83	37,82	14,42	9,36	3,52	0,15	12,30	15,46	Следы	6,97	—	—
Наружные листья	20,40	22,14	12,10	27,88	4,44	0,10	3,88	15,31	0,50	13,65	—	—

№ 38. Brassica oleracea var. caulorapa. *Уё* и *Онгстон* [L. c. (*Wolff.* 1; 100)]

Корень	7,26	40,41	10,19	11,36	2,63	0,42	14,99	12,73	0,91	8,04	—	—
Листья	16,88	14,40	3,88	33,30	3,98	6,05	10,36	11,68	10,51	7,57	—	—

№ 39. Brassica Rapa oleifera.
Кноп и *Риттер* [Chem. Pharm. Centralbl. 1858; 882. (*Wolff.* 1; 105)]

Стебель	9,18	30,94	8,06	22,00	3,48	0,65	4,46	24,18	1,52	4,58	—	—
Листья	20,84	20,47	4,03	39,73	3,65	5,61	6,14	6,43	5,33	8,85	—	—

№ 40. Brassica Rapa rapifera, *Вундер* [Land. Vers. 3; 19 (*Wolff.* 1; 39)]

NB. Почва была глинистая. В семинедельных растениях остановка развития произошла от слишком большой их скученности при пересадке. Наиболее слабые растения были удалены, а нормально развившиеся подвергнуты дальнейшему расследованию.

Корень:												
3 недели после посева	17,73	25,52	9,60	31,00	6,86	3,29	7,69	10,15	5,89	?	—	—
7 » » »	7,88	21,95	9,18	21,32	7,99	5,33	10,66	14,47	7,23	2,39	—	—
13 » » »	11,34	32,36	14,53	8,47	4,50	6,26	13,67	12,26	5,56	3,10	—	—
18 » » »	8,85	41,81	9,33	8,25	4,07	1,81	15,03	12,54	2,60	5,90	—	—
21 » » »	9,16	43,12	9,32	9,28	3,82	1,75	16,92	11,14	1,31	4,38	—	—
Листья:												
3 недели после посева	17,02	20,56	4,79	37,72	7,40	3,17	11,40	9,40	4,05	1,92	—	—
7 » » »	10,15	12,02	5,15	43,25	8,08	5,22	7,00	5,52	11,03	3,53	—	—
13 » » »	16,01	19,55	9,76	32,04	4,62	4,25	9,68	9,74	5,75	5,96	—	—

Продолжение

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
18 недель после посева	15,61	26,61	6,35	31,52	4,87	2,37	8,33	9,80	1,99	10,53	—	—
21 » » »	13,77	23,82	9,24	34,50	4,79	0,94	9,37	9,01	1,82	8,42	—	—

NB. Из этой таблички ясно видно, что по мере развития корня и листьев химический состав золы становится все более различным. Подобные анализы турнепса, произведенные *Вундером*, помещенные у *Вольфа* в первой части на с. 94 под литерою В, обнаруживают меньшее различие в золе корня и листьев, чем предыдущие; но они имеют меньшее значение, так как в последнем случае листья оказались большей частью уже отмершими осенью, в то время когда свекловица продолжала еще сильно расти.

Анализы корня и листьев Brassica Rapa rapifera, произведенные *Андерсоном* (Journ. of the Highl. Agric. Soc. 1860, p. 306, 369). (*Wolff*. 1; 92), разнятся от предыдущих в том, что количество фосфорной кислоты получилось в корнях и листьях почти равное; разница же в процентном содержании золы, кали и извести весьма явственна и сходна с вышеприведенными данными *Вундера*. Числа, относящиеся до извести и магнезии, в анализе листьев от 5 октября, по-видимому, перемешаны.

№ 41—48. Cichorium Intybus.

Шульц [Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1866. p. 435. (*Wolff*. 1; 97)]

№ 41 Корень	2,94	41,28	14,15	6,36	6,10	1,42	15,25	6,91	2,53	6,97	—	—
Листья	9,82	15,94	26,26	22,78	1,11	0,80	5,66	9,04	1,51	21,95	—	—
№ 42 Корень	3,85	39,32	22,88	4,41	4,59	1,33	11,29	5,66	1,95	7,84	—	—
Листья	12,17	31,91	15,50	17,19	1,72	2,62	5,43	8,39	2,30	18,09	—	—
№ 43 Корень	2,83	40,42	18,37	5,38	2,69	2,00	9,80	7,78	4,76	9,07	—	—
Листья	10,22	16,79	21,15	26,13	2,07	1,66	6,57	8,36	3,21	14,16	—	—
№ 44 Корень	2,56	35,26	24,27	4,45	3,17	2,21	9,32	7,51	4,62	10,59	—	—
Листья	8,38	18,47	22,35	20,83	1,74	3,23	4,99	7,63	2,30	22,90	—	—
№ 45 Корень	2,29	32,53	24,74	5,99	1,30	2,28	12,95	7,72	3,99	9,52	—	—
Листья	8,88	11,46	26,09	22,82	1,29	2,31	4,68	9,76	6,17	17,00	—	—
№ 46 Корень	3,22	33,16	19,43	6,20	4,93	2,31	16,33	6,55	3,59	9,40	—	—
Листья	8,51	13,25	28,08	19,61	1,59	3,31	5,77	8,58	3,32	20,71	—	—
№ 47 Корень	4,58	38,89	23,09	5,36	5,05	1,78	11,63	5,13	5,52	4,39	—	—
Листья	12,10	49,14	4,06	13,53	2,60	1,78	6,42	9,25	4,10	10,50	—	—
№ 48 Корень	3,17	38,41	18,70	6,49	3,14	2,09	16,18	5,28	2,15	7,93	—	—
Листья	16,81	20,68	16,44	20,54	2,33	0,80	8,54	5,41	5,51	18,82	—	—

Из семи сравнительных анализов корня и листьев Cichorium Intibus, произведенных *Шульцем*, (Zeitschr. f. Rübenzucker-Industrie, 1866, p. 435) (*Wolff*. 1; 97), шесть дали вполне сходные и очень ясные результаты относительно процентного содержания золы в корне и листьях, также относительно содержания K_2O, CaO и P_2O_5. В одном же анализе (см. № 47) обнаружилась замечательная аномалия по отношению к распределению кали в корне и листьях. Это исключение тем более замечательно, что и следующие десять сравнительных анализов *Шульца* (Land. Vers. B. 9; 203) над корнем и листьями этого же растения, произведенные в десять различных сроков в продолжение развития цикория, дали результаты, совершенно сходные с предыдущими шестью. Я приведу из них здесь лишь два первых и два последних анализа.

№ 49 и 50. Cichorium intybus. *Шульц* [Ib. (*Wolf*. 1; 98)]

По прошествии 40 дней после посева — корень	8,05	47,75	16,67	15,52	1,88	1,16	4,41	5,53	1,53	5,42	–	–
По прошествии 40 дней после посева — листья	14,21	31,59	8,53	17,67	12,06	1,43	5,06	9,91	7,91	7,13	–	–
По прошествии 130 дней после посева — корень	2,94	38,48	18,40	7,74	4,97	0,89	12,80	6,61	1,07	10,45	–	–
По прошествии 130 дней после посева — листья	10,49	24,17	15,55	19,00	6,47	0,88	5,91	10,69	5,20	15,78	–	–

№ 51. Cochlearia armoracia vulg. *Помт* [L. c. (*Wolff*. 2; 51)]

Корень	7,09	30,76	3,96	8,23	2,91	1,94	7,75	30,79	12,72	0,94	–	–
Листья	11,63	43,70	2,79	12,25	2,72	0,92	9,22	17,12	5,74	5,54	–	–

№ 52. Daucus carota. *Помт* (Ib.)

Корень	4,20	55,77	11,30	10,38	0,56	0,81	16,37	3,46	1,35	Следы	–	–
Листья	12,55	16,54	17,52	36,59	3,46	0,68	1,01	6,38	0,63	17,19	–	–

№ 53. Daucus carota.

Бретшнейдер [Mitth. d. landw. Centralvereins f. Schlesien. He't. 12, p. 93. 1861 (*Wolff*. 1; 96)]

Корень: 25 июля	6,51	28,67	34,67	8,75	5,72	0,39	13,19	4,44	2,19	2,56	–	–
14 августа	7,04	26,29	39,50	7,68	6,14	0,53	12,27	4,41	1,27	2,48	–	–
4 сентября	6,29	29,11	29,50	10,24	6,75	0,89	14,56	4,52	3,34	1,41	–	–
19 сентября	6,01	22,19	33,99	10,85	6,35	0,45	16,11	7,27	1,04	2,26	–	–
10 октября	6,04	30,48	28,86	11,53	6,46	0,49	14,99	3,49	2,08	2,09	–	–
Листья: 25 июля	–	18,12	30,80	20,89	7,67	1,23	7,30	7,26	2,80	5,08	–	–
14 августа	–	18,65	27,16	21,31	11,79	1,25	6,52	8,25	2,59	3,21	–	–
4 сентября	–	15,47	27,99	26,44	7,27	2,31	6,11	7,87	4,67	2,42	–	–
19 сентября	–	19,24	29,12	26,17	5,93	0,73	6,39	9,46	1,23	2,23	–	–
10 октября	14,78	14,68	28,70	27,45	6,70	1,86	6,38	9,72	2,40	2,72	–	–

№ 54. Raphanus sativus. *Ридчарсон* [Ann. Chem. Pharm. B. 67, H. 3. (*Wolff*. 1; 100)]

Корень	15,67	21,98	3,75	8,78	3,53	1,16	41,12 !	7,71	8,17	4,90	–	–
Листья	15,38	5,50	15,60	27,90	7,08	8,72	13,80	9,64	8,22	5,16	5,48	–

№ 55. Raphanus sativus, Radiola. *Помт* [L. c. (*Wolff*. 1; 100)]

Корень	8,15	39,36	10,46	12,13	4,38	4,59	9,84	8,02	1,49	9,61	–	–
Листья	14,78	18,50	8,13	29,30	5,07	1,65	4,21	8,71	9,01	15,42	–	–

В каждой группе растения приведены в алфавитном порядке и помечены нумерами. В конце группы анализов приведены главнейшие результаты с точным обозначением исключительных случаев, не подходящих под общие правила.

Из приведенных анализов видно, что:

во-первых, *процентное содержание чистой золы*, за немногими исключениями, в листе больше, чем в осевой части. В 3 только случаях (№ 20, 27, 54) из 50 оно оказалось приблизительно равным; в одном (№ 18) — меньше в листьях, чем в осевой части. В подземной осевой части (корне и корневище) содержание чистой золы найдено большее, чем в стебле, во всех 5 анализах (№ 1, 2, 3, 17, 19), где эти части были расследованы отдельно. Преобладание золы в подземной осевой части обусловливается большим содержанием кремнекислоты;

во-вторых, *кали* преобладает в золе осевой части; из 54 анализов только в 7 (№ 4, 9, 27, 28, 30, 47, 51) содержание кали в листе оказалось значительнее; из них № 27 и 28 принадлежат луковичным растениям, в которых приведен анализ листа и всей луковицы. Исключения (№ 30 и 47) непонятны так как в других анализах этих же растений (Beta vulgaris и Cichorium Intybus) получились данные диаметрально противоположные;

в-третьих, *сумма щелочей* (кали и натра) также оказалась преобладающей в осевой части; из 51 анализа в 3 (№ 9, 13, 27) содержание щелочей в осевой части и листьях было равное, а в двух (№ 28 и 51) — в стебле меньше, чем в листьях; из последних № 28 относится к луковичному растению Allium cepa;

в-четвертых, *известь* найдена в золе листьев в большем количестве, чем в осевой части. Из 50 анализов в 3 (№ 4, 9 и 15) процентное содержание ее было приблизительно равное и в 3 (№ 2, 18 и 24) — меньше в листьях, чем в осевой части;

в-пятых, *сумма щелочных земель* (извести в магнезии) обнаружила сходное распределение; из 51 случая в 3 (№ 4, 5, 15) содержание ее было одинаковое и в 3 (№ 2, 24, 25) — меньше в листьях, чем в осевой части;

в-шестых, из 51 анализа *магнезия* найдена в 22 преобладающей в листьях, в 18 — преобладающей в осевой части, а в 11 — в количестве, равном в осевой части и листьях;

в-седьмых, *фосфорная кислота* оказалась в большинстве случаев преобладающей в золе осевой части; из 52 анализов в 5 (№ 4, 9, 11, 29, 49) процентное содержание ее в золе листьев и осевой части было одинаковое, в 8 (№ 5, 10, 18, 20, 30, 31, 39, 51) — меньшее в золе осевой части;

в-восьмых, *кремнекислота* в 32 анализах из 49 найдена преобладающей в золе листьев, в 11 — преобладающей в золе осевой части и в 6 анализах — в количестве равном;

в-девятых, *серная кислота* и *хлор* не обнаружили с достаточной ясностью распределения по растению; из 50 анализов в 26 серная кислота оказалась преобладающей в листьях, в 15 — преобладающей в осевой

части и в 9 — найдена в одинаковом количестве в золе листьев и осевой части. Хлор из 46 случаев в 26 оказался преобладающим в листьях, в 13 — преобладающим в осевой части и в 7 — в равном количестве.

Анализы золы древесных пород выяснили с достаточной ясностью только сравнительный состав золы коры, древесины и листьев. Полученные цифры приводят к следующим выводам.

1. *Процентное содержание чистой золы* ствола и ветвей найдено в 41 анализах из 45, преобладающим в коре; в 2 только получилось несколько больше золы в древесине; по и эти случаи (№ 62 и 77) не составляют исключения, так как относятся до очень молодых побегов. Содержание золы в листьях оказалось близко подходящим к коре; из 16 анализов в 7 найдено больше золы в листьях, в 6 — большее содержание в коре и в 3 анализах количество одинаковое.

2. *Кали* в золе коры в 39 анализах из 42 оказалось меньше, чем в древесине; в листьях же в 13 анализах из 16 найдено кали в большем количестве, чем в древесине и коре.

3. *Сумма щелочей* (*кали и натра*) в золе коры в 34 анализах найдена меньшею, чем в древесине, и в 2 (№ 57, 92) в количестве приблизительно равном. В листьях из 14 анализов в 12 содержание щелочей оказалось больше и в 2 (№ 79, 81) — меньше, чем в древесине и коре.

4. *Известь* оказалась в наибольшем количестве в золе коры; в меньшем — в древесине и еще в меньшем в золе листьев. Из 41 анализа в 35 зола коры содержала значительно больше извести, чем древесина. Из 16 сравнительных анализов в 15 в золе листьев оказалось меньше извести, чем в древесине и коре, в 1 только случае (№ 81) получились цифры почти одинаковые.

5. *Магнезия* обнаружила распределение, диаметрально противоположное извести; в золе коры она найдена в количестве меньшем, чем в древесине, а в последней содержание ее в большинстве случаев оказалось меньше, чем в листьях. Из 41 сравнительного определения магнезии в коре и древесине в 32 древесина содержала больше магнезии, чем кора, в 6 (№ 57, 68, 72, 73, 81 и 89) приблизительно равное количество и только в 3 (№ 77, 79 и 85) значительно меньшее количество, чем кора. При сравнении золы древесины и листьев из 16 анализов в 9 она была найдена преобладающей в золе листьев; в остальных 7 получились цифры приблизительно равные. Сравнительно с корой зола листьев в 10 случаях заключала больше магнезии, в 2 (№ 79 и 85) — меньше и в 3 — количества одинаковые.

6. *Фосфорная кислота* по распределению всего ближе подходит к магнезии; в золе листьев ее оказалось больше, чем в древесине, а в золе древесины больше, чем в коре. Из 41 сравнительного анализа золы коры и древесины в 32 она преобладала в золе древесины, в 1 (№ 59) была найдена в количестве меньшем, чем в коре. Из 16 сравнительных анализов золы древесины и листьев в 13 она найдена в большем количестве в золе листьев, в 2 (№ 62, 72) оказалась преобладающей в древесине и в 1 (№ 81) получилась в количестве равном. Сравнительных определений фосфорной кислоты в золе коры листьев произведено 16; в 14 получилось

Анализы золы древесных пород

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
№ 56. Abies excelsa. *Виттштейн* [Henneb. Journ. f. Landwirthe 1855. (*Wolff*. 1; 125)]												
Куски одного и того же дерева возраста 135 лет:												
древесина	0,33	3,60	4,28	46,49	8,82	10,07	8,51	1,74	15,41	0,61	0,21	0,33
кора	2,02	1,06	0,39	60,38	0,92	0,49	10,37	–	21,83	0,07	–	4,46
172 лет: древесина	0,46	15,31	3,94	47,84	4,65	2,40	3,41	2,38	18,03	0,71	0,07	0,90
кора	1,57	2,67	1,53	45,91	2,03	2,67	8,54	0,54	30,45	0,14	0,65	5,67
220 лет: древесина	0,38	8,43	5,30	29,41	6,30	5,88	4,59	2,42	36,18	0,43	–	1,09
кора	0,94	2,14	0,98	27,44	1,90	7,80	6,43	1,72	39,20	0,18	–	12,20
№ 57. Abies excelsa. *Шрёдер* [Tharander forstl. Jahrb. B. 24; 257. 1874. (*Wolff*. 2; 91)]												
Куски нормально развитой 100-летней ели:												
Ствол { древесина	0,169	20,42	0,47	39,82	9,35	0,79	2,49	1,10	2,98	0,11	22,47	–
Ствол { кора	1,376	8,48	2,11	51,65	5,27	4,43	4,32	2,19	8,34	0,23	12,98	–
Вершина ствола { древениса	0,260	19,69	1,97	34,43	9,84	1,22	4,65	1,18	1,88	0,12	25,02	–
Вершина ствола { кора	1,842	20,82	0,92	36,56	8,47	2,25	6,33	1,74	8,78	0,71	13,42	–
Ветви в 1 см в диаметре { древесина	0,320	19,64	1,45	38,73	11,39	0,96	1,98	1,38	1,61	?	22,86	–
Ветви в 1 см в диаметре { кора	2,815	12,12	4,49	41,65	6,75	2,59	4,68	1,13	14,01	0,51	12,07	–
№ 58. Abies excelsa. *Круг* [Chem. Ackersmann. 1863; 22. (*Wolff*. 1; 125)]												
Иглы (Fe_2O_3 и Mn_3O_4 вычтены из золы)	5,82	1,43	–	15,15	2,33	–	8,27	2,74	70,07	–	–	–
Кармрот [Peters. Jahresb. 1864; 190. (*Wolff*. 1; 126)]												
Иглы	–	2,16	0,49	11,40	1,08	6,61	0,58	1,23	71,39	0,56	3,07	1,56
№ 59. Acer campestre. *Генри* [Ann. d. l. Station agron. de l'Est. 1878; 117, издаваемые Грандо. (*Wolff*. 2; 82—83)]												
Древесина	0,322	9,14	1,08	74,31	5,61	1,58	3,38	1,94	2,95	–	–	–
Кора	8,54	4,23	1,03	81,85	3,93	2,82	3,26	1,56	1,33	–	–	–
Листья	4,68	25,41	0,93	30,89	10,49	1,98	9,56	9,67	11,07	–	–	–

№ 60. Acer platanoides. *Шрёдер* [Forstchem. u. pflanzenphys. Unters. 1878. Heft. 1. (*Wolff*. 2; 100)]

5 апреля, ствол — древесина	0,407	30,46	1,24	21,21	14,14	1,68	20,50	4,62	0,70	–	–	–
5 апреля, ствол — кора	5,718	12,05	0,71	70,19	3,37	1,37	7,18	1,43	3,20	–	–	–
18 мая, ствол — древесина	0,292	19,91	1,05	43,70	14,73	0,71	14,70	2,81	2,01	–	–	–
18 мая, ствол — кора	5,173	8,96	0,48	76,26	3,04	0,40	3,50	1,05	5,83	–	–	–
18 мая — ветвь	2,369	15,69	1,64	62,94	4,14	1,95	7,85	1,47	3,72	–	–	–
18 мая — побеги	9,114	30,39	0,38	19,76	6,26	1,25	28,33	3,36	9,93	–	–	–

№ 61. Aesculus Hippocastanum. *Вольф* [Journ. f. pract. Chem. B. 44; 385, 1848. (*Wolff*. 1; 118)]

Молодая древесина	0,80	25,65	–	42,96	4,88	–	19,22	–	2,60	6,05	–	–
Молодая кора	4,87	12,13	–	76,84	1,71	–	6,04	–	1,13	2,79	–	–
Молодые листья	6,64	27,88	–	29,25	2,61	–	22,36	9,09	4,90	5,04	–	–
Листовые черешки	11,13	46,2	–	21,68	3,04	–	14,80	3,76	1,04	12,22	–	–
Цветочная ножка	9,36	64,08	–	9,29	1,31	–	17,08	3,52	0,73	5,13	–	–
Галячка зивезь	5,18	61,72	–	12,26	5,87	–	16,63	3,73	1,58	2,37	–	–
Тычинки	5,15	60,73	–	13,77	3,09	–	19,52	–	0,74	2,78	–	–
Лепестки	4,78	61,22	–	13,62	3,84	–	16,97	–	1,44	3,76	–	–
Незрелый плод	3,70	58,77	–	9,93	2,24	–	20,83	3,66	0,76	4,77	–	–
Зрелый плод:												
зеленая кожура	5,50	75,91	–	8,81	1,14	–	5,28	1,01	0,57	9,72	–	–
мучнистое ядро	2,76	61,74		11,46	0,58	–	22,81	1,66	0,19	2,01	–	–

№ 62. Aesc. Hippocastanum. *Штафель* [Lieb. u. Kopp. Jahresb. 1850. Tab. D. (*Wolff*. 1; 118)]

6 мая: молодая древесина	10,91	64,19	–	5,92	4,08	0,31	19,02	0,82	1,80	4,97	–	–
6 мая: молодая кора	8,68	61,00	–	9,24	4,36	1,66	19,54	–	0,67	4,54	–	–
1 сентября: молодая древесина	3,38	19,42	–	50,99	5,17	0,63	21,73	–	0,71	1,42	–	–
1 сентября: молодая кора	6,57	24,19	–	61,34	3,99	0,31	6,55	1,09	1,06	1,19	–	–
Листья: 6 мая	7,69	49,32	–	13,17	5,15	1,63	24,40	2,45	1,76	2,21	–	–
Листья: 1 сентября	7,52	19,57	–	40,48	7,78	4,69	8,22	1,69	13,91	6,37	–	–

№ 63. Betula alba. *Шрёдер*. [Forstchemische u. pflanzenphys. Unters. 1878 Hefl. 1. (*Wolff*. 2; 80)]

Поленные дрова — древесина	0,232	22,92	0,83	29,23	17,72	0,98	8,70	0,57	3,83	–	15,22	–
Поленные дрова — кора	0,761	10,46	0,52	38,33	9,17	1,44	6,67	0,62	14,43	–	18,36	–
Кругляки — древесина	0,242	23,68	0,59	26,07	17,97	0,91	11,84	0,78	2,82	–	15,34	–
Кругляки — кора	0,837	13,43	0,43	39,86	9,55	1,70	7,93	0,82	8,97	–	17,31	–

Продолжение табл.

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Ветви от 7—3 см: древесина	0,280	26,22	1,12	20,92	19,95	0,72	16,41	1,06	2,09	—	11,51	—
Ветви от 7—3 см: кора	1,112	17,61	0,64	40,69	10,11	0,91	10,07	0,80	4,61	—	14,56	—
Ветви от 3—1 см: древесина	0,338	26,69	1,09	19,45	19,94	0,69	19,30	1,01	1,94	—	9,89	—
Ветви от 3—1 см: кора	1,486	18,56	1,07	40,39	10,53	1,27	11,53	0,71	4,13	—	11,81	—
№ 64. Betula alba. *Шрёдер* [Arch. f. Naturkunde Liv. Est. Kurland. S. 2. B. 7; 1. (*Wolff*. 1; 122)]												
Листья	4,53	23,33	2,65	39,29	15,35	1,51	13,29	1,71	2,26	0,59	—	—
Древесина ветви	0,64	26,95	1,29	32,72	11,72	0,73	17,98	4,11	0,41	3,96	—	—
Кора ветви	3,44	13,91	—	69,51	6,00	1,09	7,29	1,19	0,50	0,34	—	—
Древесина стебля (периферийная часть)	0,16	20,78	10,82	41,11	11,10	1,43	11,04	2,52	1,21	—	—	—
Древесина стебля (внутренняя часть)	0,30	10,11	6,78	49,82	11,98	1,26	16,59	2,70	0,77	—	—	—
Вся древесина	0,21	15,12	8,68	45,79	11,59	1,34	14,03	2,59	0,85	—	—	—
Кора	0,62	9,84	0,64	69,09	7,11	1,27	8,69	1,70	1,42	0,24	—	—
Белая кора ствола	0,38	8,43	3,09	48,58	13,98	5,25	12,77	2,75	4,11	1,03	—	—
№ 65. Betula alba. *Виттштейн* [Arch. f. Pharm. 111; 44 (*Wolff*. 1; 122)]												
Древесина	0,64	11,58	1,65	48,47	7,27	3,00	5,34	1,30	16,35	0,21	3,94	0,89
Листья	3,52	9,01	12,60	31,12	11,90	1,14	22,74	1,94	2,17	0,32	6,73	0,33
№ 66. Betula alba. *Бэйер* [Stöckhardts Chem. Ackersmann. (*Wolff*. 1; 123)]												
Осенние листья	3,39	19,66	—	43,84	11,58	2,72	9,25	4,49	—	3,26	5,20	—
Осенние почки	2,79	30,11	—	30,58	10,25	0,65	18,21	7,26	0,68	1,04	—	—
Весенние почки	4,00	23,56	—	21,42	11,20	0,75	28,14	8,97	0,77	2,53	2,66	—
№ 67. Betula alba. *Грандо и Флиш* [Ann. d. l. Station. agronom. de l'Est. 1878; p. 68. (*Wolff*. 2; 84)]												
Листья: 30 апреля	3,84	25,54	0,43	28,72	4,40	0,72	17,46	5,19	1,73	Следы	15,87	—
14 сентября	4,30	7,22	1,89	40,03	11,68	1,20	10,99	2,75	2,75	»	21,48	—
9—15 октября	4,68	2,88	4,57	50,76	16,41	1,18	8,63	3,21	2,54	»	9,81	—

№ 68. Carpinus betulus. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2; 82—83)]												
Древесина	0,371	4,93	4,78	73,94	2,36	1,42	4,11	2,31	2,24	—	3,73	—
Кора	8,77	2,23	0,87	87,62	2,97	0,99	1,73	2,35	1,24	—	—	—
Листья	5,21	12,07	1,86	61,14	2,45	2,75	8,83	1,96	5,79	—	3,14	—
№ 69. Cerasus avium. *Грандо и Флиш* [L. c. (*Wolff.* 2; 84)]												
Листья: 28–29 апреля	7,80	32,78	1,89	30,57	7,82	0,95	15,80	4,34	1,41	Следы	4,42	—
3 июля	7,30	17,80	6,44	38,06	18,38	1,29	8,20	2,46	1,76	»	5,62	—
7 сентября	6,39	12,15	9,33	44,70	14,29	1,17	5,93	1,36	2,72	»	7,39	—
2 октября	7,24	11,82	5,00	44,05	17,79	1,19	3,81	0,79	2,30	»	13,25	—
№ 70. Cerasus avium. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2; 81)]												
Древесина	0,333	5,07	1,29	66,07	13,86	2,21	4,79	2,07	4,64	—	—	—
Кора	2,18	3,93	1,92	82,55	4,97	1,08	2,85	1,31	1,39	—	—	—
Листья	6,70	23,23	9,60	42,64	12,33	0,91	6,36	2,21	2,73	—	—	—
№ 71. Citrus Aurantium. *Ровней* [Lieb. u. Kopp. Jahresb. 1847—48. Tab. A. (*Wolff.* 1; 123)]												
Корень	3,60	15,43	5,15	49,89	6,91	1,02	13,47	5,78	1,75	0,72	—	—
Ствол	2,28	11,69	3,20	55,13	6,34	0,57	17,09	4,64	1,22	0,15	—	—
Листья	10,53	16,51	5,21	56,38	5,72	0,52	3,27	4,43	4,83	4,04	—	—
№ 72. Corylus avellana. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2; 81)]												
Древесина	0,423	8,99	2,80	73,33	2,23	1,80	5,46	1,08	4,31	—	—	—
Кора	8,93	1,66	0,30	87,50	3,54	0,98	3,09	1,58	1,36	—	—	—
Листья	6,65	18,32	1,76	52,77	4,73	3,59	7,92	2,79	5,79	—	3,35	—
№ 73. Fagus sylvatica. *Генри* (*Wolff.* 2; 82)												
Древесина	0,355	14,58	1,95	60,25	4,53	2,30	2,78	3,56	10,04	—	—	—
Кора	5,86	5,13	0,14	83,44	3,62	0,72	2,10	1,08	3,76	—	—	—
Листья	5,14	21,83	3,26	44,37	7,29	2,37	7,83	2,49	10,56	—	—	—
№ 74. Fagus sylvatica. *Вебер.* [Forstliche Blätter von Grunert u. Leo 1876. p. 257. (*Wolff.* 2; 68)]												
10-летний ствол без коры	0,56	33,90	2,45	27,49	12,40	0,62	17,39	4,01	1,74	—	—	—
Кора	2,15	17,99	1,54	40,64	7,12	1,44	7,96	1,06	22,25	—	—	—
20-летний ствол без коры	0,46	31,54	2,29	28,37	11,95	1,72	16,40	4,01	3,72	—	—	—
Кора	3,13	12,21	0,18	70,35	2,94	0,60	5,44	0,54	7,74	—	—	—
50-летний ствол без коры	0,36	34,66	2,06	27,50	13,36	2,27	9,61	3,20	4,64	—	1,80	0,90

Продолжение табл.

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Кора	3,47	5,00	0,25	75,22	4,15	0,78	2,90	0,35	11,35	—	—	—
220-летний ствол: древесина старая	0,37	26,83	2,11	42,55	19,50	1,13	4,54	0,84	0,77	—	1,73	—
220-летний ствол: заболонь	0,42	24,42	3,03	34,67	20,10	2,11	13,21	1,18	1,28	—	—	—
220-летний ствол: кора	4,76	10,86	0,84	67,89	6,58	0,52	2,49	0,06	10,76	—	—	—

Примечание. Исследуя золу древесины бука в различные времена года, *Дитман* нашел в ней от 4,64 до 9,75% Mn_3O_4 (*Wolff.* 2; 72).

№ 75. Fagus sylvatica. *Целлер* [Land. Vers. 6; 231. (*Wolff.* 1; 121)]

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Листья: 16 мая	4,16	42,11	3,24	13,83	4,36	0,83	32,43	—	1,62	—	—	—
18 июля	4,73	17,15	3,74	42,34	5,63	1,45	8,29	—	21,39	—	—	—
15 октября	7,12	7,15	1,50	50,66	4,12	1,39	5,13	—	30,50	—	—	—

№ 76. Fraxinus excelsior. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2; 82)]

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Древесина	0,361	13,20	5,74	62,14	5,88	1,81	6,79	2,26	2,19	—	—	—
Кора	4,11	8,36	1,04	80,17	2,35	1,24	3,87	1,52	1,45	—	—	—
Листья	7,00	18,70	0,99	39,45	8,13	1,11	22,62	7,01	2,63	—	—	—

NB. В анализах Генри небольшое количество Mn_2O_3 причислено к MgO.

№ 77. Juglans regia. *Штафель* [Lieb. u. Kopp. Jahresb. 1850. (*Wolff.* 1; 118)]

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Молодая древесина 31 мая	10,03	42,74	—	22,24	8,92	2,71	14,89	—	2,41	1,47	—	—
Молодая кора 31 мая	8,75	45,75	—	18,37	7,25	0,85	19,94	—	2,67	0,92	—	—
Молодая древесина 27 августа	2,99	15,29	—	55,92	8,09	2,23	12,21	—	2,86	0,31	—	—
Молодая кора 27 августа	6,40	11,63	—	70,08	10,55	0,40	5,85	—	0,71	0,43	—	—
Листья: 31 мая	7,72	42,70	—	26,86	4,55	0,42	21,12	—	1,21	0,49	—	—
27 августа	7,01	26,57	—	53,65	9,83	0,52	4,04	—	2,02	0,82	—	—

№ 78 Malus acerba. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2, 84)]

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Древесина	0,328	8,34	0,82	75,79	4,76	2,00	3,17	1,79	3,31	—	—	—
Кора	8,15	3,74	1,80	86,26	3,67	0,58	1,87	1,37	0,72	—	—	—
Листья	7,77	24,75	2,67	53,39	5,56	1,08	6,71	3,32	2,31	—	—	—

№ 79. Olea Europaea. *Беки* [Saggi di experienze agrarie. Fasc. I; 23. 1870. (*Wolff.* 2; 103)]

Древесина	1,42	20,94	2,90	38,72	6,24	2,11	11,59	2,11	14,23	0,56	—	—
Заболонь	5,04	13,00	4,17	61,06	11,08	1,46	4,47	2,15	1,54	0,85	—	—
Кора	4,59	14,95	0,26	60,99	11,76	1,55	3,92	4,79	1,37	0,22	—	—
Листья	5,03	10,99	1,52	52,82	5,02	2,50	13,65	0,76	11,37	0,19	—	—
Плод: мясистая часть	2,30	81,93	7,53	7,45	0,18	0,72	1,33	0,05	0,65	0,16	—	—
каменистая	1,84	60,10	6,60	7,45	0,37	0,81	16,74	3,27	—	4,82	—	—
зерно	2,80	30,25	1,96	30,39	1,15	0,11	30,64	2,43	5,36	—	—	—

№ 80. Pinus austriaca. *Грандо и Флиш* [Ann. d. la station, agronom. 1878; 96—116. (*Wolff.* 2; 88)]

Иглы: молодые:	26–28 июня	1,63	26,32	3,68	15,53	18,42	1,84	27,89	5,00	1,32	?	—	—
	4–6 сентября	1,84	20,16	3,27	27,52	25,89	1,09	11,99	6,27	3,81	?	—	—
	22–23 октября	1,91	19,05	3,73	44,79	6,48	1,38	14,15	5,70	2,95	1,77	—	—
1-летние	3–4 мая	1,81	10,70	2,58	53,50	6,27	1,84	14,39	7,00	3,71	?	—	—
	26–28 июня	1,85	12,77	1,45	55,15	9,43	1,60	10,88	4,79	2,61	1,32	—	—
	4–6 сентября	2,16	9,52	1,45	60,66	8,28	1,86	8,28	4,57	3,93	1,45	—	—
	22–23 октября	2,30	11,40	1,72	56,99	5,81	1,07	13,12	5,59	3,23	1,07	—	—
2-летние	3–4 мая	2,72	12,62	3,88	53,40	9,71	1,94	8,73	7,76	1,94	?	—	—
	26–28 июня	2,30	3,33	1,66	63,89	11,87	1,19	9,50	5,23	3,33	—	—	—
	4–6 сентября	2,86	6,09	1,11	60,38	9,70	2,22	11,63	4,99	3,88	—	—	—
	22–23 октября	2,59	3,95	1,74	61,73	10,86	1,43	10,12	5,18	4,94	—	—	—
3-летние	3–4 мая	3,12	5,03	3,59	64,74	9,35	0,72	7,19	7,19	2,19	?	—	—
	26–28 июня	2,62	Следы	Следы	63,43	16,79	2,24	8,95	4,85	3,74	?	—	—
	4–6 сентября	3,82	»	»	63,37	14,62	1,95	10,24	3,48	6,34	Следы	—	—
	22–23 октября	3,28	»	»	70,47	11,18	0,68	10,51	3,80	3,36	»	—	—
4-летние	3–4 мая	4,55	1,98	»	69,32	8,91	1,98	5,94	7,42	4,45	?	—	—

№ 81. Pinus Picea. *Шрёдер* [Forstchem. u. phlanzenphys. Unters. H. 1; 1878. (*Wolff.* 2; 97)]

Ствол:	древесина	0,253	44,62	0,71	10,17	8,84	0,81	5,05	1,85	1,35	—	—	—
	кора	1,805	20,46	0,38	14,72	7,14	3,61	6,73	2,69	3,04	—	—	—
Вершина:	древесина	0,234	35,12	1,08	12,10	9,26	0,65	7,22	1,74	1,31	—	—	—
	кора	1,994	20,16	0,53	12,92	6,04	3,97	9,18	2,94	3,83	—	—	—
Ветвь, 1 см:	древесина	0,303	28,91	0,47	13,52	9,41	1,04	11,10	1,90	1,38	—	—	—
	кора	2,742	20,51	0,51	11,48	5,96	5,78	9,40	2,09	14,47	—	—	—

Окончание табл.

	Чистая зола	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	P_2O_5	SO_3	SiO_2	Cl	Mn_3O_4	Al_2O_3
Иглы	3,064	14,48	0,67	11,42	8,46	4,94	9,59	8,69	6,28	—	—	—
№ 82. Pinus Pumilio. ***Виттштейн*** [Kopp. u. Will. Jahresb. 1862; p. 511. (*Wolff*. 1; 126)]												
Древесина	0,22	10,02	24,46	40,49	8,08	1,45	4,12	3,52	5,27	0,29	2,14	0,16
Кора	0,88	5,29	2,57	62,03	2,52	1,95	2,79	4,63	17,36	0,49	0,00	0,37
№ 83. Pinus sylvestris. *Шютце* [Zeitschrift f. Forst. u. Jagdwesen. B. 8, 371; 1878. (*Wolff*. 2; 84)]												
Корень 15 см толщины	0,312	17,14	2,02	36,38	12,36	—	7,55	5,34	2,38	—	1,12	—
Нижняя часть ствола в диаметре 36 см	0,334	12,31	1,56	54,96	8,95	—	5,99	2,52	3,97	—	1,58	—
Середина ствола в 30 см	0,318	12,03	1,08	59,48	10,30	—	6,17	3,02	2,68	—	1,53	—
Вершина ствола в 15 см	0,315	16,08	1,09	52,62	11,94	—	8,34	5,55	2,61	—	1,95	—
Ветвь: 15—17 мм	0,661	15,47	1,43	45,43	9,10	—	8,65	5,77	1,31	—	1,69	—
10—12 мм	0,905	19,67	1,85	45,31	6,03	—	9,78	4,11	0,56	—	1,53	—
5—7 мм	1,180	19,59	2,01	45,23	9,66	—	9,61	3,86	2,90	—	1,06	—
NB. Дерево 96 лет.												
№ 84. Pinus sylvestris. *Дульк* [Land. Vers. 18; 210 1875. (*Wolff*. 2; 86)]												
Иглы, 5 июля: 1-летние	2,08	38,59	—	13,84	3,76	4,97	24,82	6,47	0,92	—	6,44	—
2-летние	1,56	25,14	—	26,27	6,20	12,62	13,76	5,26	2,20	—	7,15	—
3-летние	1,85	21,64	—	31,90	9,68	8,48	12,27	4,12	2,87	—	7,98	—
4-летние	2,08	17,97	—	36,54	?	8,10	9,23	?	5,34	—	12,78	—
№ 85. Populus tremula. [*Генри* L. c. (*Wolff*. 2; 82)]												
Древесина	0,398	11,83	3,78	71,18	3,78	1,24	4,40	1,03	2,75	—	—	—
Кора	3,33	7,74	1,65	72,78	7,14	3,01	3,08	2,33	2,26	—	—	—
Листья	8,87	18,37	6,81	49,65	3,97	2,06	8,79	2,84	7,52	—	—	—
№ 86. Quercus Robur. *Вебер* [Forstl. Blätter 1876; 257. (*Wolfff*. 2; 77)]												
15-летний ствол без коры	0,53	41,27	2,48	27,58	13,40	0,66	10,54	2,98	1,09	—	—	—
Кора	2,74	9,76	0,26	78,76	5,12	0,57	3,40	1,35	0,78	—	—	—
25-летний ствол без коры	0,41	34,96	4,42	24,51	11,60	1,35	15,87	5,06	2,23	—	—	—
Кора	3,77	8,30	0,49	81,59	4,46	0,84	2,75	0,68	0,89	—	—	—

50-летний ствол вершины: древесина	0,22	26,17	5,88	36,89	5,57	1,63	5,88	2,22	11,54	–	–	–
50-летний ствол вершины: заболонь	0,50	36,66	9,50	26,40	7,65	1,42	14,28	2,10	1,99	–	–	–
Камбий и смежный слой луба	5,98	6,01	0,43	91,96	0,59	0,13	0,45	0,43	–	–	–	–
Пробковая ткань вершины ствола	8,24	2,78	0,27	93,46	1,65	0,41	0,34	0,14	0,95	–	–	–
345-летний дуб: древесина	0,22	48,02	13,12	23,78	2,35	1,69	2,57	3,46	5,01	–	–	–
заболонь	0,28	32,41	17,81	25,12	5,62	2,30	9,27	3,13	4,34	–	–	–
Луб и камбий	4,67	10,20	0,63	83,71	3,26	0,53	0,80	0,37	0,50	–	–	–
Пробковая ткань вершины	2,86	4,04	0,25	91,23	2,50	0,54	0,51	0,54	0,39	–	–	–
Древесина толстой ветви	0,27	56,39	3,74	18,06	4,56	1,61	9,18	3,94	2,52	–	–	–
Кора ее	4,05	8,12	1,83	81,83	2,79	0,73	2,79	1,26	0,65	–	–	–

№ 87. Quercus Robur. *Генри* [L. c. (*Wolff.* 2; 82)]

Древесина	0,311	9,79	0,94	76,27	3,58	1,51	3,58	1,98	2,35	–	–	–
Кора	5,58	2,96	0,74	87,92	2,05	0,99	2,88	1,64	0,82	–	–	–
Листья	4,51	22,39	3,94	47,04	2,96	3,10	12,39	2,96	5,21	–	–	–

№ 88. Quercus Robur. *Флейшер* (*Wolff.* 2; 80)

Кора дуба 16 лет	3,07	3,02	1,83	72,35	3,63	3,74	6,45	3,28	3,18	1,10	–	–
40 лет	5,40	0,99	1,34	81,37	3,38	4,54	2,73	3,28	0,44	0,61	–	–

NB. *Бертье* нашел 11,38 Mn_3O_4. *Екерт* 0,14 Al_2O_3 и 2,65% Mn_3O_4. По анализу *Нейбауера*, в листьях дуба оказалось 6,60 Mn_3O_4.

№ 89. Sorbus torminalis. *Генри* [Ib. (*Wolff.* 2; 81)]

Древесина	0,298	5,54	0,50	76,13	6,83	3,24	4,39	1,51	2,88	–	–	–
Кора	5,25	5,93	1,35	81,06	6,44	0,84	2,26	1,09	1,03	–	–	–
Листья	6,42	24,49	11,05	42,68	9,98	0,95	7,01	1,51	2,34	–	–	–

№ 90. Ulmus montana *Генри* (*Wolff.* 2; 81)

Древесина	0,451	6,24	3,08	77,31	5,28	0,89	3,08	0,75	3,36	–	–	–
Кора	9,26	2,67	0,78	83,99	3,53	1,73	1,49	1,26	4,55	–	–	–
Листья	6,82	23,67	2,16	29,31	8,41	6,86	7,63	2,05	19,91	–	–	–

больше фосфорной кислоты в золе листьев; в 1 (№ 77) — меньше и в 1 (№ 81) — равные количества.

7. В содержании *кремнекислоты* в древесине и коре не обнаружилось определенной разницы; из 38 сравнительных определений в 16 она была найдена в большем количестве в древесине, в 17 оказалось преобладающей в коре и в 5 случаях зола древесины и коры заключала ее в количестве, приблизительно равном; кроме того, различия в распределении являются незначительными и неясно выраженными вследствие малого содержания кремнекислоты в вышеобозначенных растениях.

8. Столь же неопределенные результаты получились касательно распределения *серной кислоты* и *хлора.*

Состав золы растения и его органов в разные стадии развития

Приведенные данные о составе золы органов растений, в большинстве случаев согласные между собой, не в состоянии выяснить, насколько указанные особенности состава золы удерживаются органами в различные периоды развития. Ввиду постоянного передвижения и обмена вещества в живом растении точное разрешение этого вопроса возможно только путем последовательного ряда сравнительных анализов золы возможно большого числа органов одного и того же растения. Анализы золы отдельных частей растений в различные периоды их развития приведены мною выше среди анализов выросших органов растений (см. № 10, 12, 19, 33, 35, 40, 49, 50, 53, 60, 62, 66, 67, 69, 75, 77, 80, 84, 86, 87). Исследований золы органов одного и того же экземпляра растений очень немного; малочисленность их легко объясняется тем, что для удовлетворительного и добросовестного их исполнения требуется много труда и времени. К числу этих работ принадлежат, кроме вышеизложенного труда *Гарро,* исследования: 1) над овсом — *Арендта*[192], *Бретшнейдера*[193] и *Фитбогена*; 2) над пшеницей — *Изидора-Пиера*; 3) над подсолнечником — *Людоговского* и 4) над клевером — *Ульбрихта.*

Почин в этом деле принадлежит *Арендту* и *Бретшнейдеру.* Оба они независимо друг от друга единовременно опубликовали анализы золы овса в различные периоды развития; овес был предварительно расчленен на части и каждая из них была исследована в отдельности. *Арендт* подвергнул овес анализу в пяти различных периодах развития и расследовал отдельно золу верхней, средней и нижней части соломины, а также верхних и нижних листьев; в последних порциях подвергнул отдельному расследованию и золу колосьев.

Числа, полученные *Арендтом* относительно состава золы, не только подтвердили, но и дополнили выводы вышеприведенных анализов; *наибольшее содержание золы* оказалось в листьях. *Кали, магнезия* и *фосфорная кислота* найдены преобладающими в стебле; *известь* и *кремнеки-*

---

192 *Arendt.* Die Vegetation d. Haferpflanze. 1859.
193 *Bretschneider.* Journ. f. pract. Chem. 76; 193.

слота — в листьях. Замечательна разница, обнаруженная в содержании *серной кислоты* стебля и листьев; в трех анализах золы стебля вовсе не оказалось серной кислоты; в остальных — только около 1%, между тем как в золе листьев Арендт находил до 7%; в колосьях ко времени созревания — до 5% серной кислоты. Результат этот, несогласный с показаниями других аналитиков, *Арендт* приписывает тому, что употребил более точный способ определения серной кислоты.

Из остальных выводов *Арендта* заслуживают внимания следующие: 1) во все время произрастания верхняя часть соломины была богаче золой, чем нижняя; в листьях обнаружилось обратное — нижние содержали больший процент золы, чем верхние; 2) наибольшее содержание кали в соломине оказалось в нижней части в период зрелости овса; содержание кали убывало от основания к вершине соломины; 3) в золе листьев, средним числом, содержание *извести* превосходило количество *магнезии* в 5—6 раз, между тем как в стебле всего в 1,5 раза; в некоторых случаях количества извести и магнезии в стебле найдены были равными. В зрелых зерновках магнезия преобладала над известью.

Содержание фосфорной кислоты подвергалось значительным колебаниям; по мере разрастания овса оно уменьшилось в нижней части соломины с 13 до 3%; в средней возросло с 7 до 10% и затем убыло до 1,4%; в верхней части во время цветения найдено было равным 14%; во время зрелости овса составляло всего 2% золы. В колосках по мере их созревания содержание фосфорной кислоты постоянно возрастало.

В работе *Бретшнейдера* приведены результаты, сходные в главном с полученными *Арендтом.*

Интересное дополнение к предыдущим работам представляет исследование над овсом Фитбогена[194]; между тем как *Арендт* и *Бретшнейдер* ограничились изучением состава золы надземных частей овса, Фитбоген распространил свои разыскания и на корни и произвел сравнительные анализы золы овса в три различных периода развития. Ему удалось показать, что процентное содержание золы надземных частей и корней почти одинаково и мало изменяется во время развития овса; ко времени созревания оно понизилось в надземных органах с 15 на 13%, а в корнях — с 16,4 на 14%. Различие в составе золы обнаружилось главным образом в постоянном преобладании в корне — кремнекислоты, а в стебле — кали, как видно из прилагаемой таблички.

В 100 частях золы он нашел (в %; см. табл. на с. 122).

Ульбрихт[195] исследовал состав золы клевера на экземплярах, снятых с двух различных почв — песчаной и садовой, богатой гумусом. Первая порция была собрана с поля в то время, когда побеги только начали вырастать из стебля; вторая — ко времени образования цветочных почек; третья — во время цветения; четвертая — по окончательном созревании семян. Опыты эти продолжались два года; в первой порции клевер был

---

194 *Fittbogen.* Land. Vers. 6, 474 (1864).
195 *Ulbricht.* Land. Vers. 3; 241 (1860) и 4; 1 (1861).

	В первый период		Во второй период		В третий период	
	Надземные части	Корни	Надземные части	Корни	Надземные части	Корни
Кремнекислоты	18,31	29,65	14,79	30,995	16,31	23,62
Фосфорной кислоты	10,37	.11,65	10,65	8,13	9,825	9,55
Извести	6,88	10,99	9,23	10,33	10,01	16,20
Магнезии	2,45	4,66	3,37	2,69	2,91	2,84
Кали	39,07	19,55	37,54	11,225	32,47	11,075
Натра	1,60	1,36	1,88	3,06	3,82	5,09

только расчленен на стебель и листья; в последних же порциях были отдельно расследованы черешки листьев, цветы и плоды.

В обеих порциях получены результаты сходные: более богатыми кали оказались стёбель и черешки листьев клевера; известь найдена преобладающей в пластинках листьев; содержание магнезии в различных органах оставалось приблизительно равным. В молодом возрасте растения всего больше фосфорной кислоты заключали листья, ко времени цветения в стебле и листьях количество ее было приблизительно одинаковое, но значительно меньшее, чем в цветах. Наиболее богатыми фосфорною кислотою оказались семена; в них содержание ее доходило до 42—43% всей золы.

Состав золы подсолнечника (Helianthus annuus) был исследован *Людоговским* [196] в пяти различных периодах развития. Ко времени созревания подсолнечника листья оказались почти в 2 раза богаче золой, чем стебли; в конце третьего периода содержание золы в них было равное, а в начале развития стебли заключали больше золы, чем листья. Согласно с предыдущими результатами в золе стеблей найдено большее количество кали и меньшее содержание извести, серной кислоты и кремнекислоты, чем в листьях. Фосфорная кислота и магнезия обнаружили другое распределение, чем в овсе. Содержание фосфорной кислоты, постепенно убывающее по мере развития подсолнечника, не представило значительной разницы в золе стебля и листьев; особенно много заключала фосфорной кислоты зола головки подсолнечника. Зола листьев оказалась более богатой магнезией, чем зола стебля. По относительному содержанию хлора *Людоговский* расположил органы подсолнечника в следующем порядке: стебли с 11—15%, листья с 9—11% и головки с 5—7% хлора.

Примечание. К подобным же работам относятся и исследования *Изидора-Пиерра* над составом золы рапса (Brassica oleracea) и пшеницы в различные периоды развития. Результаты, полученные им, не могут, однако, быть непосредственно сравниваемы с предыдущими, так как содержание минеральных соединений приведено не в процентах золы, а вычислено на 1000 г сухого вещества. Содержание этой работы будет подробнее изложено в главе IV.

[196] *Людоговский.* Подсолнечник. 1869.

Результаты *Арендта, Бретшнейдера, Людоговского* и *Ульбрихта* дополняют вышеприведенные анализы золы вполне развитых органов; из них, кроме того, видно, что в зачаточном состоянии органы растений имеют золу весьма сходную и что различие в составе золы проявляется по мере развития органов.

Из совокупности всех этих данных получаются следующие главнейшие выводы относительно распределения золы по органам растений:

Травянистые растения	Древесные породы
Содержание золы	
В *листьях* больше, чем в *осевой части*	В *листьях* и *коре* приблизительно равное, но значительно большее, чем в *древесине*
Кали	
В *осевой части* больше, чем в *листьях*	В *листьях* больше, чем в *древесине;* в *древесине* больше, чем в *коре*
Известь	
В *листьях* больше, чем в *осевой части*	В *коре* больше, чем в *древесине;* в *древесине* больше, чем в *листьях*
Магнезия	
Результат неопределенный	В *листьях* больше, чем в *древесине*; в *древесине* больше, чем в *коре* (распределение, противоположное извести)
Фосфорная кислота	
В осевой части больше, чем в *листьях*	В *листьях* больше, чем в *древесине*; в *древесине* больше, чем в *корне*
Кремнекислота	
В *листьях* больше, чем в осевой части	Результат неопределенный

Исключения из сведенных здесь результатов в точности выше перечислены; не имея значения окончательных выводов, результаты эти тем не менее представляют как бы приближенное решение вопроса о распределении золы по органам растения и в этом отношении заслуживают внимания.

Гораздо меньшее число указаний получено относительно минеральных составных частей без посредства обзаливания растения. Сюда относятся главным образом исследования над содержанием и распределением в растениях аммиака, азотной и азотистой кислот, солей кальция и кремнезема.

Присутствие в растениях *азотистокислых* солей открыл *Шёнбейн*[197], примешивая к выжатому соку крахмал и йодистый калий; в соке, содер-

[197] *Schönbein*. Journ. f. pract. Chem. 88; 460 (1863).

жавшем азотистокислые соли, немедленно появлялась синяя окраска. Этим способом ему удалось доказать их присутствие в Leontodon Taraxacum; у некоторых растений (Spinacia oleracea) реакция на азотистокислые соли обнаруживалась лишь спустя некоторое время после того, как сок был выжат; сок, выжатый из Urtica, утрачивал на некоторое время способность синеть, а затем реакция в нем возобновлялась вновь и притом в большей степени, чем вначале. Отсутствие вышеприведенной реакции в соке весьма многих растений не может еще служить, по *Шёнбейну*, доказательством, что в них нет азотистокислых солей, так как присутствием значительного количества раскисляющих веществ реакция их может быть совершенно замаскирована.

Первые исследования над содержанием *аммиака* и *азотной кислоты* в растениях были произведены *Хозеусом*[198]; к сожалению, употребленные методы количественного определения не принадлежат к наиболее надежным; цифры, полученные в первой работе, сам *Хозеус* признает неточными, считая их выше действительных. За ним, однако, остается заслуга в том, что он первый указал на неточность количественного определения белковых тел через помножение веса, найденного в растении азота, на 6,25 ввиду присутствия в растении других азотистых соединений.

Фрюлинг и *Грувен*[199], определяя азотную кислоту по способу *Шлёзинга* с небольшим только видоизменением прибора, получили цифры гораздо меньшие, чем *Хозеус*. Из исследованных растений наибольшее содержание азотной кислоты оказалось в листьях свекловицы, оно равнялось 1,602% сухого вещества и 0,160% веса свежих листьев. Сравнительно богатыми содержанием азотной кислоты найдены ими ботва картофеля и маиса, т. е. стебель и листья во время цветения.

В клевере, эспарсете, люцерне, овсе, картофеле и маисе наибольшее содержание азотной кислоты оказалось в периоде, предшествующем цветению; в пшенице, ржи, ячмене и свекловице оно совпадало с периодом цветения.

Распределение азотной кислоты по органам растений было исследовано *Вульфертом*[200] по способу *Шлёзинга*; наиболее богатыми азотной кислотой оказались черешки листьев; мякоть листовой пластины (Tussilago Farfara) вовсе не содержала азотнокислых солей; если иногда и замечались следы их при исследовании мякоти, то только вследствие невозможности отделить ее вполне от нервов. Сходный результат получили *Шлёзинг, Суттер* и *Альвенс* над листьями табака; в черешке и нервах листовой пластинки они нашли гораздо больше азотной кислоты, чем в листовой мякоти; малое количество или даже полное отсутствие ее в паренхиме объясняется, по их мнению, тем, что азотная кислота потребляется этой тканью на построение белковых веществ.

---

[198] *Hoseus* (Jahrb. d. Agric. Chem.) Zeitschrift. f. deutsche Landwirthe 1864; 337; ib. 1865; 97 и его же в Ann. d. Landwirtsch. 50; 135.
[199] *Früling u. Grouven*. Land. Vers. 8; 471 (1866) и 9; 150 (1867).
[200] *Wulfert*. Land. Vers. 12; 164 (1869) и Jahresber. Agric. Chem. 1870; 22.

Подобное же распределение азотной кислоты нашел *Пелле*[201] в листьях свеклы; в черешках содержание селитры равнялось 8,46% веса сухого вещества, в листовой паренхиме — 1,10%.

Вышеприведенные результаты вполне подтвердились работой *Сорокина*[202] над распределением азотной кислоты в гречихе. Определения азотной кислоты были произведены по способу *Шлёзинга*. Гречиха выращивалась в смеси песка и минеральных солей и была исследована в четыре различные фазы произрастания; в первый раз — когда развились первые два листа, во второй — во время полного цветения, в третий — когда растения только что отцвели и в четвертый — после окончательного созревания плодов. Исследованы были на азотную кислоту отдельно корни и стебель в верхней и нижней части, также черешки, листовые пластинки и цветы. Из цифр, сведенных *Сорокиным* в табличку, видно что количество азотной кислоты в целом растении увеличивалось до начала образования плодов и затем быстро спадало.

В конце первого периода содержание азотной кислоты равнялось 1,869% веса сухого вещества; в конце второго — 2,273%; в конце третьего — 2,422%, в конце четвертого — 0,325% (числа эти вычислены на N_2O_5). Максимум содержания азотной кислоты проявился, следовательно, во втором и третьем периодах, т. е. совпал со временем цветения; минимум — с периодом полной зрелости. Различие в распределении азотной кислоты по органам удерживалось постоянным во все периоды развития. Всего богаче азотной кислотой оказывались всегда нижние части стебля, они содержали до 6% азотной кислоты; черешки — до 3,5%; корни — до 1,85%; беднее всех азотной кислотой (0,92%) были листовые пластинки. Цветы содержали во время цветения до 2,34%, по отцветании же — всего 0,257% азотной кислоты. На основании полученных данных *Сорокин* объясняет согласно с прежними указаниями причину убыли азотной кислоты от корней к листовым пластинкам постепенным раскислением и превращением ее по мере приближения к листьям в азотистые органические соединения.

В близком соотношении с распределением азотной кислоты оказалось, по исследованию *Монтеверде*[203], и распределение селитры в листьях разных растений. Он находил ее в значительном количестве в черешке листа, особенно у основания, и в тонких листовых нервах; в листовой паренхиме вовсе ее не было, вследствие чего *Монтеверде* также полагает, что в этой ткани азотная кислота селитры перерабатывается в азотистые органические соединения. К сожалению, не получилось определенного вывода по отношению к содержанию селитры в листьях (т. е. черешке и нервах) и стебле; в некоторых растениях он находил ее преимущественно в стебле, в других — в листьях. Содержание селитры оказывалось, кроме того, весьма различным у неделимых одного и того же вида[57*].

---

[201] *Pellet*. Biedermann. Centralb. 1880; 235. (Just. Jahresb. 1879; 280).

[202] *Сорокин*. Приложение к протоколу 53 заседания Казанского общества испытателей природы.

[203] *Монтеверде*. О распространении и распределении селитры в растениях. Отдельный оттиск из Трудов С.-Петербургского общества естествоиспытателей. 1882.

Первые указания на содержание кремнезема в растениях сделаны были *Соссюром*[204]; он нашел его у Gramineae и у большей части двудольных. Затем *Струве* открыл обильное содержание кремнезема в хвощах и некоторых других растениях и показал что отложенный кремнезем принадлежит разновидности, растворимой в едком кали. *Кютцинг*[205] обнаружил его присутствие в оболочке (панцире) Diatomaceae. Из целого ряда работ по этому предмету наилучшая принадлежит *Молю*[206]. До появления его труда мнения о местах отложения и о роли кремнезема в жизни растений были различны. *Кютцинг* утверждал, что, за исключением *Diatomaceae*, кремнезем отлагается лишь на поверхности клеток; по *Крюгеру*[207], окремнение клетки обнаруживается, напротив того, прежде всего непосредственно под оболочкою, вдоль ее внутренней стенки; подвигаясь кнаружи, оно охватывает оболочку, а с внутренней стороны постепенно вытесняет содержимое, иногда до полного его уничтожения. Оба исследователя рассматривали поэтому окремнение как процесс, сопровождающий отмирание клеток, а отложенный кремнезем принимали за экскрет. Напротив того *Риде*[208] не только высказался за отложение кремнезема в толще оболочки, но даже считал возможным существование организованной оболочки, построенной исключительно из неорганических соединений. За отложение кремнезема в оболочке высказались *Моль* и *Паэн*. Для точного определения места отложения кремнезема *Моль* обрабатывал разрезы сперва смесью Шульце, а затем прокаливал; оставшуюся после прокаливания массу он промывал соляной кислотой; таким способом получался несгораемый и нерастворимый в соляной кислоте скелет из чистого кремнезема. Контрольными препаратами служили разрезы, из которых был удален кремнезем, между тем как прочие составные части клеток оставались неизменными; смоченный водою разрез помещался для этого на платиновой пластинке в свинцовый сосуд, на дне которого находился плавиковый шпат, облитый серной кислотой для образования паров фтористоводородной кислоты. От фтористоводородной кислоты весь кремнезем препарата переходил в раствор; сравнения препарата до и после обработки фтористоводородной кислотой обнаруживали с желаемой ясностью места отложения кремнезема. После обработки оставшейся массы смесью Шульце и прокаливания получался скелет, растворявшийся в соляной кислоте без остатка.

Моль находил кремнезем чаще всего в оболочке, гораздо реже — в содержимом; в последнем случае кремнезем представлял обыкновенно округлые образования, похожие на крахмальные зерна. Отложение кремнезема не может, по мнению *Моля*, служить признаком отмирания ткани; в значительной степени окремненными оказались, например, молодые листья Ficus ferruginea и Deutzia scabra, еще не достигшие окончатель-

---

[204] *Saussure*. Rech. chimiques, 1804, p. 261.
[205] *Kützing*. Kieselschalige Bacillarien, 1844.
[206] *Mohl*. Bot. Zeit. 1861, 208.
[207] *Crüger*. Bot. Zeit. 1857, 281.
[208] *Reade*. London and Edinb. philos. Mag. and Journ. of Sciences, 11, 13 и 431. (Mohl Bot. Zeti. l. c.).

ных размеров; в клетках с окремненною оболочкою *Моль* наблюдал совершенно живую плазму; окремненные волоски Urtica заключали даже плазму, находившуюся в быстром движении. Оболочка несмотря на содержание кремнезема, сохраняет, по наблюдениям *Моля*, гибкость и способность съеживаться при засыхании и разбухать от воды и кислот; от целлюлозной оболочки отличается, однако, тем, что от йода и серной кислоты она окрашивается не в синий, а в бурый цвет.

По наблюдениям *Моля*, чаще всего подвергается окремнению кожица стебля и листьев; отложение кремнезема в виде весьма тоненькой пленки представляют листья Castanea vesca, Juglans regia, Quercus suber; несколько более плотная пленка покрывает листья Gramineae, многих Cyperaceae, некоторых травянистых Rubiaceae (Galium aparine, Rubia tinctorum); наибольшей толщины достигает слой кремнезема в кожице Equisetum, Calamus, в листьях Ulmus campestris, Ficus sycomorus, F. trachyphylla, Deutzia scabra и др. Обыкновенно кожица верхней стороны листа является сильнее окремненной, чем нижняя; кремнезем преимущественно отлагается в наружной стенке клеток кожицы, охватывая в большей или меньшей мере боковые стенки, очень редко и внутреннюю. Окремнение распространятся также на полулунные клетки и частью на клетки, выстилающие полость под устьицем, например у Deutzia scabra; у некоторых растений оно переходит и на волоски покрывающие листья, например, у Deutzia scabra, Rubia tinctorum, Galium Aparine, Parietaria erecta, Urtica. Отложение кремнезема в сосудистых пучках *Моль* наблюдал у Ficus elastica, F. Sycomorus, F. trachyphylla, Rubia lucida, Deutzia scabra, Ceratonia siliqua и др.; окремненную паренхиму он нашел у Ficus sycomorus, Fagus sylvatica, Quercus suber, Deutzia scabra, Phragmites communis. Кроме того, окремненным оказался стержень цистолитов у всех видов Ficus, у Morus alba, Celtis Tournefortii и др. Отложения кремнезема в Chrysobalaneae, Dilleniaceae и Magnoliaceae остались не выясненными *Молем*.

Об отложении кремнезема в растениях см. также работу *Вике*[209], сходную в главных результатах с исследованиями *Моля*.

Исключительные случаи окремнения, проявляющиеся в клетках вполне выросших и имеющие следствием отмирание ткани, описаны *Крюгером*[210] и *Розановым*[211]. *Крюгер* наблюдал окремнение тканей в дереве, известном на Тринидаде под названием El Cauto (Bois de fer), которое он относит к роду Mocquilea. Кора его столь богата кремнеземом, что туземцы употребляют ее в смеси с глиной на приготовление горшечной посуды.

По определению *Крюгера*, кора El Cauto содержит до 30% золы, в которой находится до 96% кремнезема, так что кремнезем составляет $^1/_3$ по весу сухой коры. Во внешнем слое коры *Крюгер* нашел 17,15% кремнезема, в среднем слое — 37,65%, во внутреннем — 31%. В молодой

[209] *Wick*. Bot. Zeit. 1861; 97; Chemisches Centralblatt, 1861, N 4.
[210] *Grüger*. Bot. Zeit. 1857, 281.
[211] *Розанов*. Об отложениях в некоторых растениях. Натуралист, 1867 г. и в Bot. Zeit. 1871, 748.

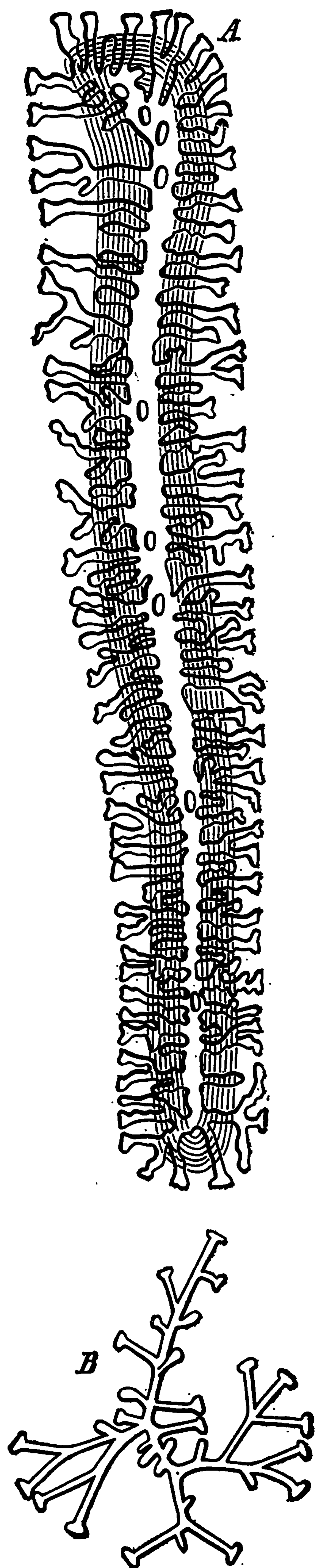


Рис. 22. El Cauto

A — кремневый скелет длинной точечной клетки, видно окремнение внутренних слоев оболочки, а также и продушин;

B — кремневый скелет другой точечной клетки, из того же растения, окремнение ограничилось продушинами

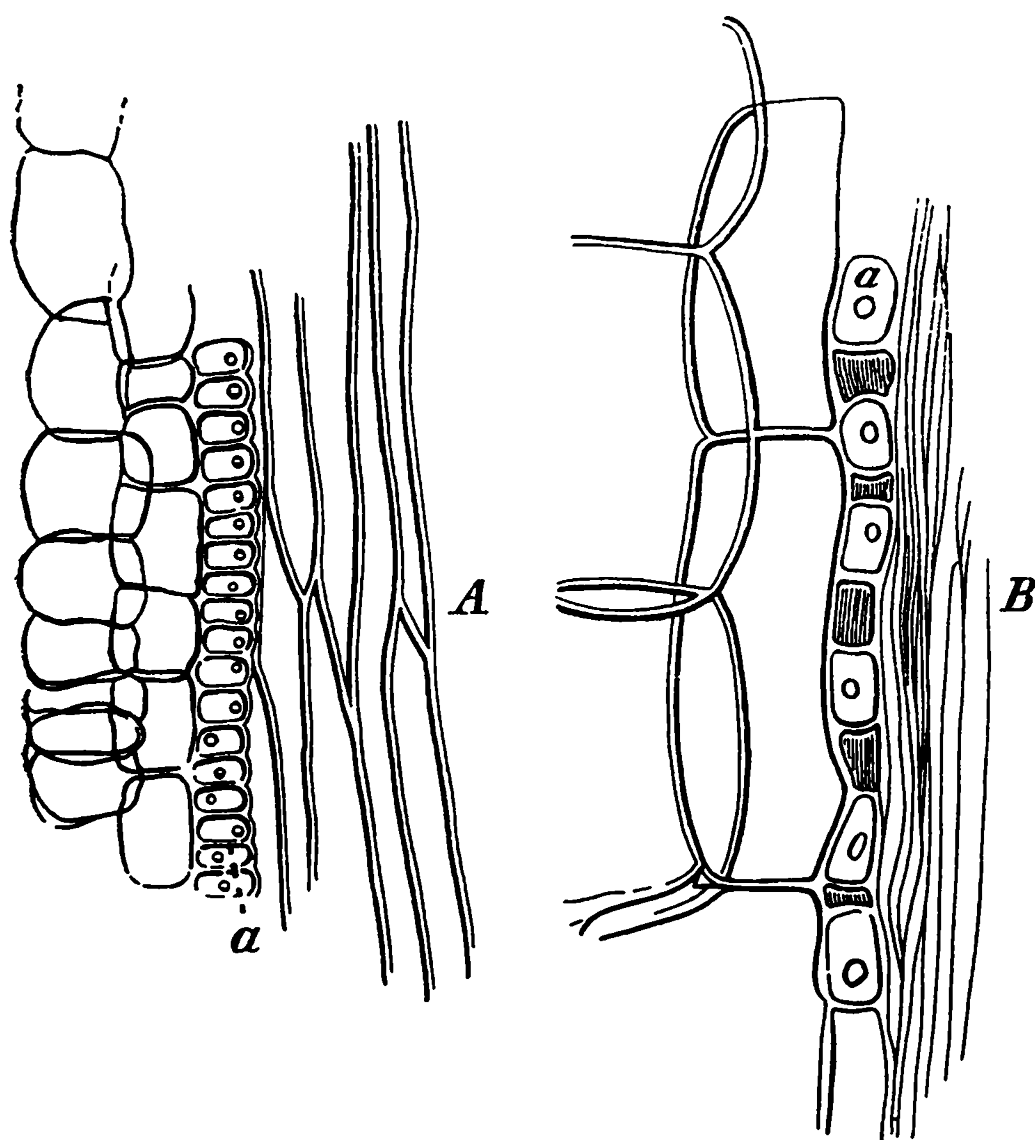
коре оказалось 23,5% кремнезема, в листьях — 27,55%, в заболони — 2%, в старой древесине — 2,5%.

Все ткани El Cauto подвергаются, по *Крюгеру*, окремнению, которое, согласно вышеприведенному его воззрению, начинается непосредственно под оболочкой клетки и затем распространяется с наружной стороны на оболочку, а с внутренней врастает в полость клетки. Нередко кремневый слой представлял после прокаливания препарата точнейший отпечаток внутреннего контура оболочки с ее продушинами (рис. 22, *A*, *B*).

Розанов описал сходный процесс окремнения в корнях Orchideae (Pholidota, Stanhopea и др.) и у целого ряда пальм (Caryota urens, Chamaedorea humilis и др.) в слое клеток, непосредственно прилегающем с наружной стороны к лубовой части сосудистых пучков. Отложение кремнезема обнаруживалось очень рано, задолго до прекращения роста наблюдаемой части растения. В это время на продольном разрезе окремненные клетки являлись расположенными в непрерывном долевом ряду; позже, напротив того, они оказывались разъединенными (рис. 23, *A*, *B*; 24, *A*, *C*, *D*) одна от другой значительными промежутками. *Розанов* объясняет последующее разъединение их тем, что вследствие окремнения эти клетки прекращают свой рост в то время, когда все остальные ткани еще продолжают удлиняться; лишенные возможности следовать за разрастанием прилегающей ткани, ряды их разрываются на отдельные клетки. *Трейб*[212] нашел подобные же образования весьма распространенными в сем. Orchideae.

---

[212] *Treub.* Observations s. l. sclerenchyme. Amsterdam, 1877. (Just Jahresb. 1877, 312).



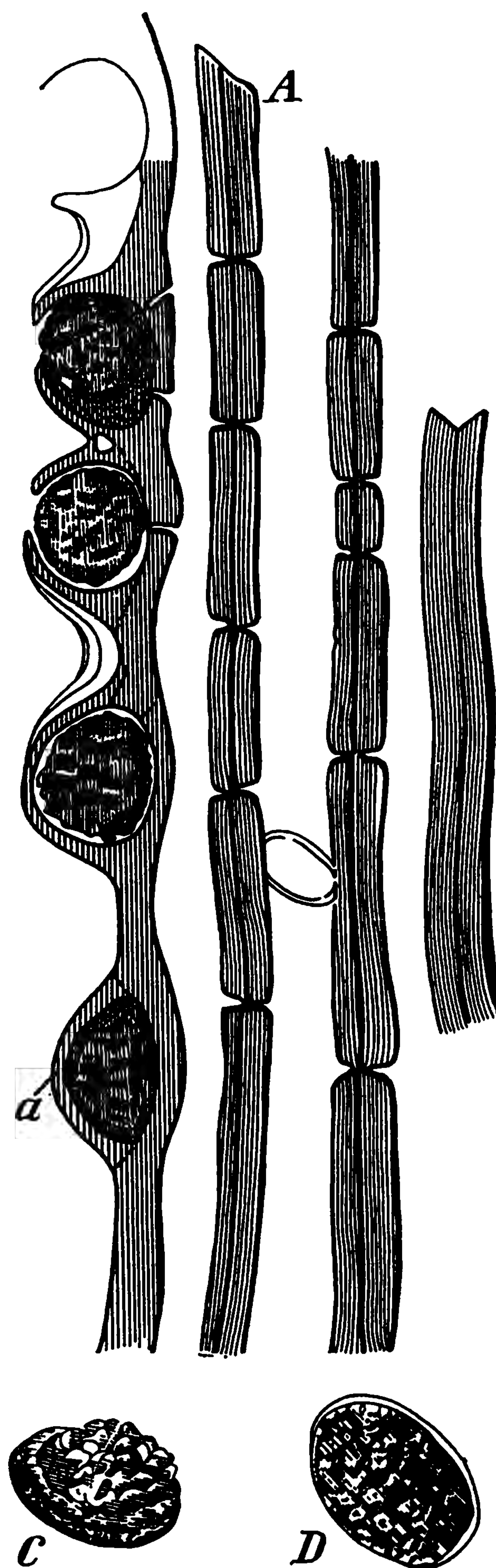


Рис. 23. Phoenix dactylifera

A — продольный разрез корня близ конуса нарастания; влагалищные клетки (*a*) еще соединены в непрерывный ряд;

B — продольный разрез старой части корня, влагалищные клетки (*a*) уже разъединены

Рис. 24. Caryota urens

A — продольный разрез листового черешка;

a — окремненные влагалищные клетки, с правой стороны к ним непосредственно примыкает толстостенный луб;

C, *D* — бугорчатое отложение кремнезема с двух различных сторон

В живых растительных тканях довольно часто удается наблюдать кристаллические образования (рис. 25 и 26). Кроме совершенно правильных кристаллов, тождественных по форме и строению с типичными кристаллами, в растениях встречаются отложения, только отчасти напоминающие кристаллы и называемые поэтому кристаллоидами; последние чаще всего являются в форме сросшихся микроскопических кристаллов, друз (рис. 27, *A*, *B*) или в виде иглообразных отложений *рафидов* (рис. 28 и 29). Микрохимические исследования их состава привели к несомненному заключению, что, за немногими исключениями, образования эти состоят из солей кальция: щавелевокислой и углекислой, из которых особенно часто встречается первая.

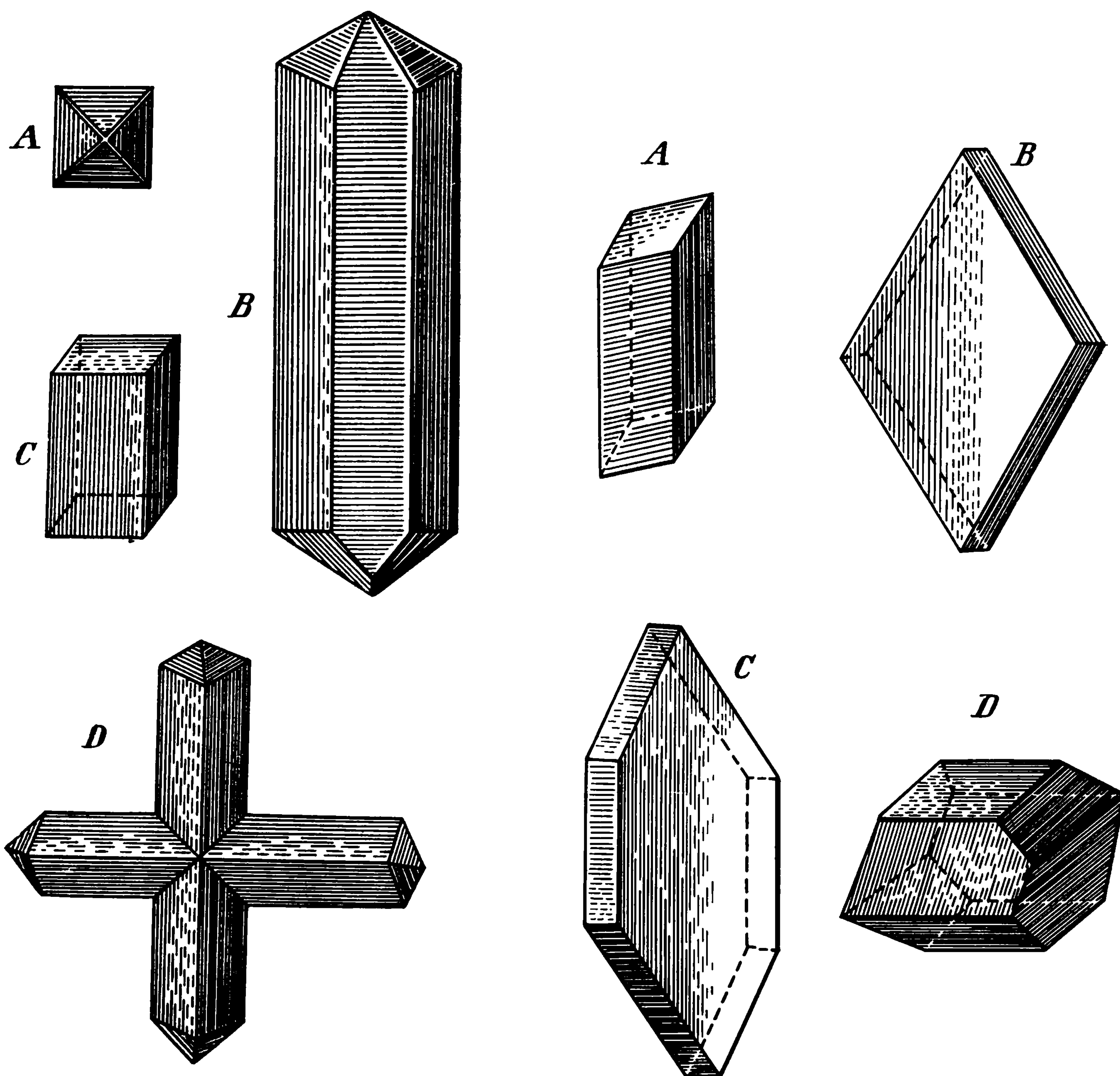


Рис. 25. Кристаллы щавелевокислого кальция квадратной системы

A — из листа Begonia heracleifolia; *B*, *C*, *D* — из листа Allium cepa

Рис. 26. Кристаллы щавелевокислого кальция одноклиномерной системы (увел. в 600 раз)

A, *B* — из лубовой паренхимы Aesculus Hippocastanum; *C*, *D* — из влагалища сосудистого пучка листового черешка Cycas revoluta

Кристаллы щавелевокислого кальция, встречаемые в растениях, принадлежат в некоторых случаях к квадратной, в других к клиноромбической системе; по показанию *Сушей* и *Ленсена*[213], в первом случае они содержат шесть эквивалентов воды, во втором — только два (рис. 25, *A*, *B*, *C*, *D*; 26, *A*, *B*, *C*, *D*). Места их отложения в клетке весьма различны. Обыкновенно их находят в содержимом клетки; с присутствием кри-

[213] *Souchay u. Lenssen.* Ann. d. Chem. u. Pharm. B. 100; 131 (по цитате *Гольцнера*. См.: Flora. 1864, p. 273).

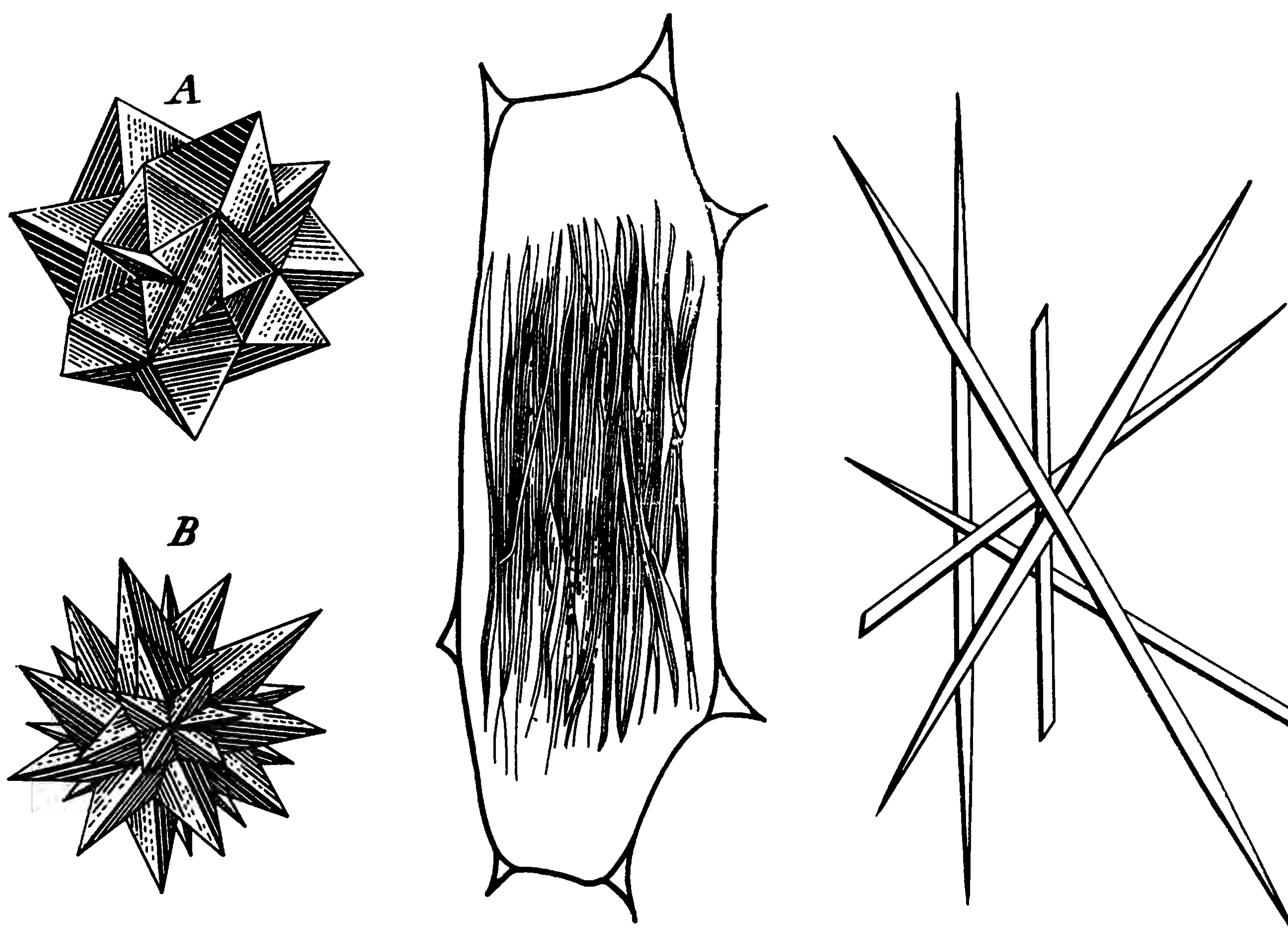


Рис. 27. Друзы (увел. в 600 раз)
A — из листа Begonia heracleifolia; *B* — из листа Urostigma elasticum

Рис. 28. Aloe retusa (увел. в 320 раз), клетка с рафидами из стебля

Рис. 29. Tradescantia virginica (увел. в 500 раз), отдельные рафиды

сталла в большинстве случаев связано отмирание клетки и замена жидкого содержимого газами [214].

Весьма удобным объектом для наблюдения кристаллов щавелевокислого кальция может служить черешок листа Begonia; в вырезанной из него по длине полоске легко найти кристаллы во многих клетках паренхимы. Кристаллы эти часто также попадаются в коре многих древесных пород.

Отлично развитые кристаллы щавелевокислого кальция находятся в столбчатой паренхиме листьев Citrus vulgaris (рис. 30, *A, B, C*). По описанию *Пфицера* [215], они отличаются тем, что каждый кристалл заключен в мешке из целлюлозы, который с одной стороны срощен с оболочкой клетки; мешок с кристаллом занимает всю полость клетки; от соляной кислоты кристалл быстро растворяется, причем окружавший его слой целлюлозы делается ясно видимым. Целлюлозный слой на кристалле представляет образование совершенно самостоятельное и в первое время развития нигде не прикасается к оболочке клетки. Сращение его с оболочкой происходит только впоследствии.

[214] *Sanio.* Sitz. Ber. d. Berl. Ak. 1857 259.
[215] *Pfitzer.* Flora, 1872, 97.

В некоторых случаях кристаллы щавелевокислого кальция отлагаются в толще оболочки. Первые указания касательно присутствия кристаллов в оболочке сделаны были графом *Сальмс-Лаубахом* [216]; более подробная разработка этого предмета принадлежит *Пфицеру* [217]. Кристаллы в оболочке клетки найдены ими у Coniferae (Ephedra и Taxus), Welwitschia (рис. 31), в кожице Mesembryanthemum, Sempervivum, Dracaena (рис. 32) и в некоторых других растениях. Весьма обстоятельно описаны эти отложения *Пфицером* у Dracaena reflexa и D. Draco. Он находил их только в кожице листьев, уже совершенно выросших. Прилагаемый рисунок (рис. 32, *A*) представляет кусочек кожицы, снятый с листа и рассматриваемый в поверхности; на нем видны мелкие кристаллы, вкрапленные в оболочку клеток; еще нагляднее обозначается положение кристалликов в оболочке клеток кожицы на поперечном разрезе (рис. 32, *B*); ясно видно, что они защемлены в наружной части оболочки, уже кутикуляризованной, в чем легко убедиться, окрашивая разрез хлорцинкйодом; наружные слои оболочки, заключающие кристаллы, принимают цвет желтый, между тем как более внутренние окрашиваются в синий.

В водорослях кристаллы щавелевокислого кальция найдены *Клейном* [218] в содержимом Spyridia, Vaucheria и Spirogyra. Отложения щавелевокальциевой соли встречаются часто в грибах и лишайниках, большей частью на поверхности гиф.

Первые точные микрохимические исследования их состава произведены Бэли [219] и Санио [220]. Химический состав кристаллов удалось определить при посредстве следующих реакций:

1) они не растворялись в уксусной кислоте, следовательно, не могли быть углекислой солью кальция;

2) не растворялись в воде; следовательно, не могли быть ни солями щелочей, ни гипсом;

3) растворялись в соляной и азотной кислотах без выделения газов;

4) после прокаливания растворялись в уксусной кислоте с выделением газа (углекислоты);

5) после растворения в серной кислоте при испарении жидкости получались кристаллы гипса и щавелевой кислоты;

6) после отделения фильтрованием кристаллов гипса появлялись при медленном выпаривании жидкости хорошо развитые кристаллы щавелевой кислоты.

Результаты эти были подтверждены *Гольцнером* [221], который обстоятельно расследовал и кристаллическую форму кристаллов. Щавелевокислым кальцием оказались друзы и рафиды. Друзой обозначают встречаемые среди клетки сростки кристаллов; наружные части кристаллов,

---

[216] Graf *Salms Laubach*. Bot. Zeit. 1871, 509.
[217] *Pfitzer*. Flora, 1872, 97.
[218] *Klein*. Flora, 1877, 315.
[219] *Bailey*. Americ. Journ. of Science a. Arts. New.-Haven. 1845. Vol. 48; 17 (по цитате *Гольцнера*, Flora, 1864, 277).
[220] *Sanio*. Sitz. Ber. d. Berl. Ak. 1857; 252.
[221] *Holzner*. Flora, 1864; 273. В его статье собрана тщательно литература по этому предмету.

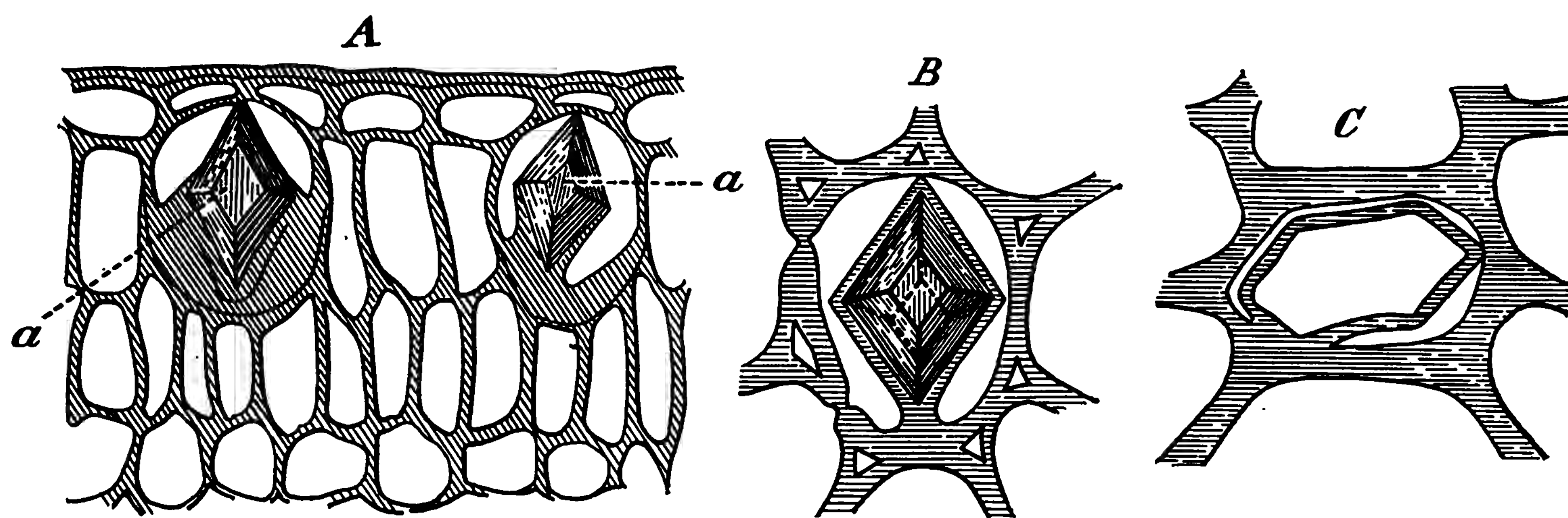


Рис. 30. Citrus vulgaris Risso

A — поперечный разрез взрослого листа;

a — кристаллы щавелевокислого кальция, окруженные мешком из клетчатки;

B — клетка с подобным же кристаллом;

C — клетка, обработанная соляной кислотой, кристалл растворился, окружавший его слой клетчатки очень ясно виден

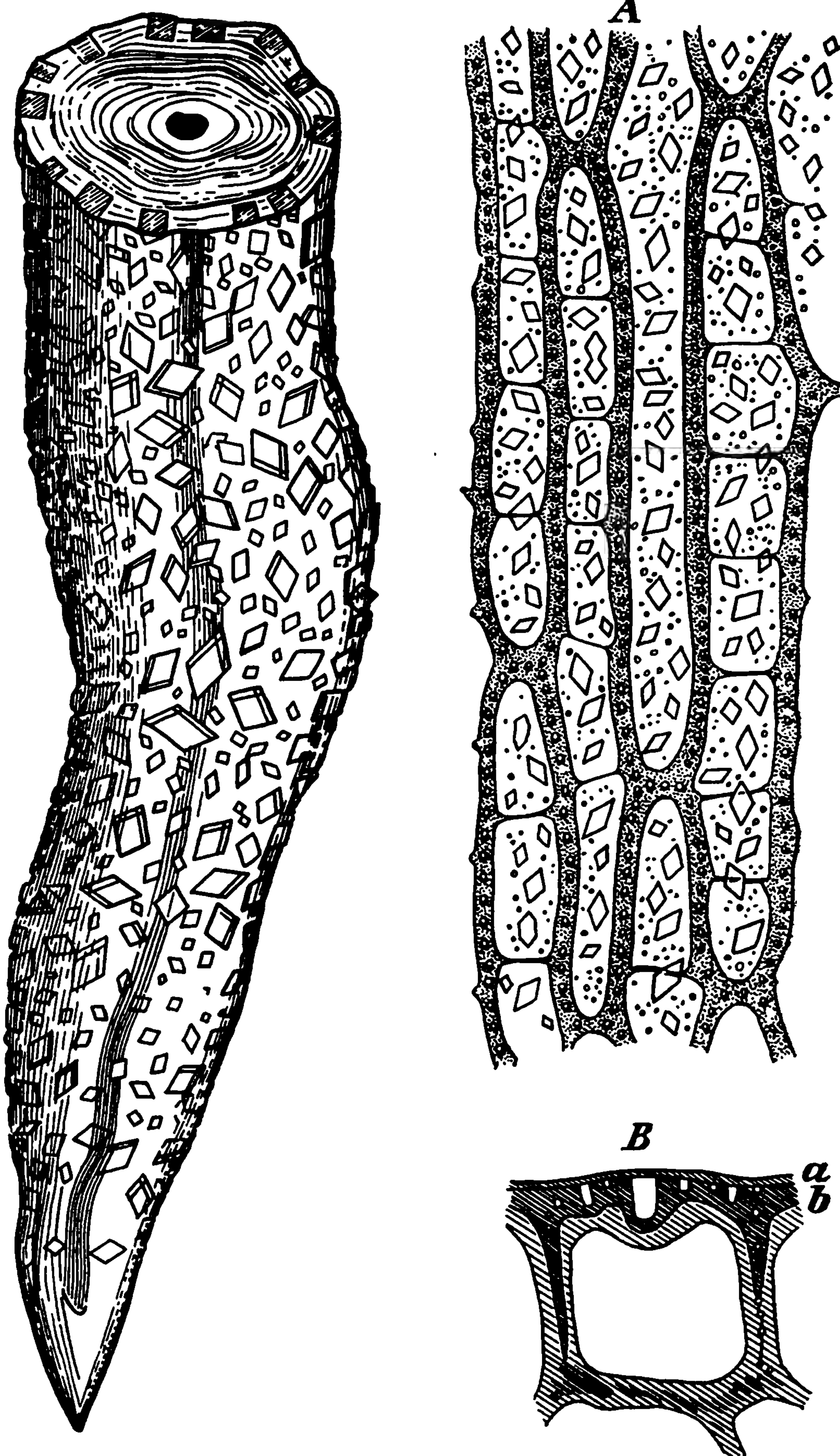


Рис. 31. Weltwitschia mirabilis, **часть клетки с кристаллами щавелевокислого кальция в оболочке; на разрезе клетки видно, что они сидят во внешнем слое оболочки**

Рис. 32. Dracaena reflexa

A — кожица листа с поверхности (увел. в 400 раз);
в оболочке клеток видно большое количество кристаллов;

B — клетка кожицы в поперечном разрезе;

a — кутикуляризованные слои, в них помещаются кристаллы щавелевокислого кальция,

b — целлюлозные слои

образуя выступы на поверхности сростка, придают друзе звездчатую форму (см. рис. 27). Обыкновенно в клетке встречается только одна друза; в большинстве случаев клетка, заключающая друзу, рано прекращает рост и значительно меньше клеток смежной ткани. Исключение из этого правила представляют, однако, по *Фехтингу*[222], клетки с друзами у Heterocentrum roseum; они своим размером превосходят смежные с ними клетки. Образование друзы во многих случаях происходит несвободно в содержимом клетки; на поверхности ее часто удается подметить присутствие целлюлозной перепонки, сросшейся местами с оболочкой клетки; способ образования перепонки на поверхности друзы не вполне еще выяснен. Заключенные в перепонку друзы описаны *Розановым*[223] в клетках сердцевины Kerria Japonica, также в Anthurium sellovum Kunth (рис. 33, *А, В*).

Клетки с друзой отличаются от смежных клеток сердцевины Kerria japonica сравнительно меньшими размерами. Чтобы сделать целлюлозную оболочку ясно видимой, растворяют друзу в серной или соляной кислоте. По удалении кристалла легко уже различить оболочку, облекавшую друзу в виде мешка, подвешенного к оболочке с одной стороны или же сращенного с ней на двух противоположных сторонах; часто клетки с друзами располагаются в непрерывном долевом ряду, и нередко места сращения целлюлозных мешков с оболочками совпадают на верхней и нижней стенках клеток целого ряда, вследствие чего после обработки препарата кислотой весь ряд клеток оказывается как бы проросшим по длине непрерывным целлюлозным цилиндром. Подобные же друзы в мешке из целлюлозы описаны *Деларю*[224] у Hoya carnosa, *Деметером*[225] в сем. Urticaceae и *Пульзеном*[226] в сочленениях, цветочных ножках и корнях Phaseolus.

Отложения щавелевокислого кальция в виде рафид представляют скопления иглообразных кристаллов в содержимом клетки; они всегда соединены помногу вместе и расположены параллельно между собою; несмотря на скученность, они никогда не срастаются между собою и при поранении клетки разъединяются на отдельные иглы (рис. 28 и 29). Рафиды встречаются исключительно в основной ткани, обнаруживая на разрастание клетки влияние, диаметрально противоположное тому, которое вызывается друзой; между тем как в большинстве случаев клетки с друзами отличаются малым размером, клетки с рафидами обыкновенно в несколько раз превосходят объемом клетки смежной с ними ткани. Рафиды встречаются у весьма многих растений; особенно удобными объектами для их исследования могут служить междоузлия стебля Tradescantia, Commelina из однодольных и Cacteae из двудольных растений.

---

[222] *Vöchting*. Just. Jahrebs. 1875, 333.
[223] *Rosanoff*. Bot. Zeit. 1865, p. 329; 1867, p. 41.
[224] *Деларю*. Натуралист. 1867.
[225] *Demeter Karoly*. Magyar Novénytani Lapok. 5. N 51–52, p. 32; 1881. (Uhlw. Bot. Centralbl. 1881; 341).
[226] *Poulsen*. Flora, 1877, 45.

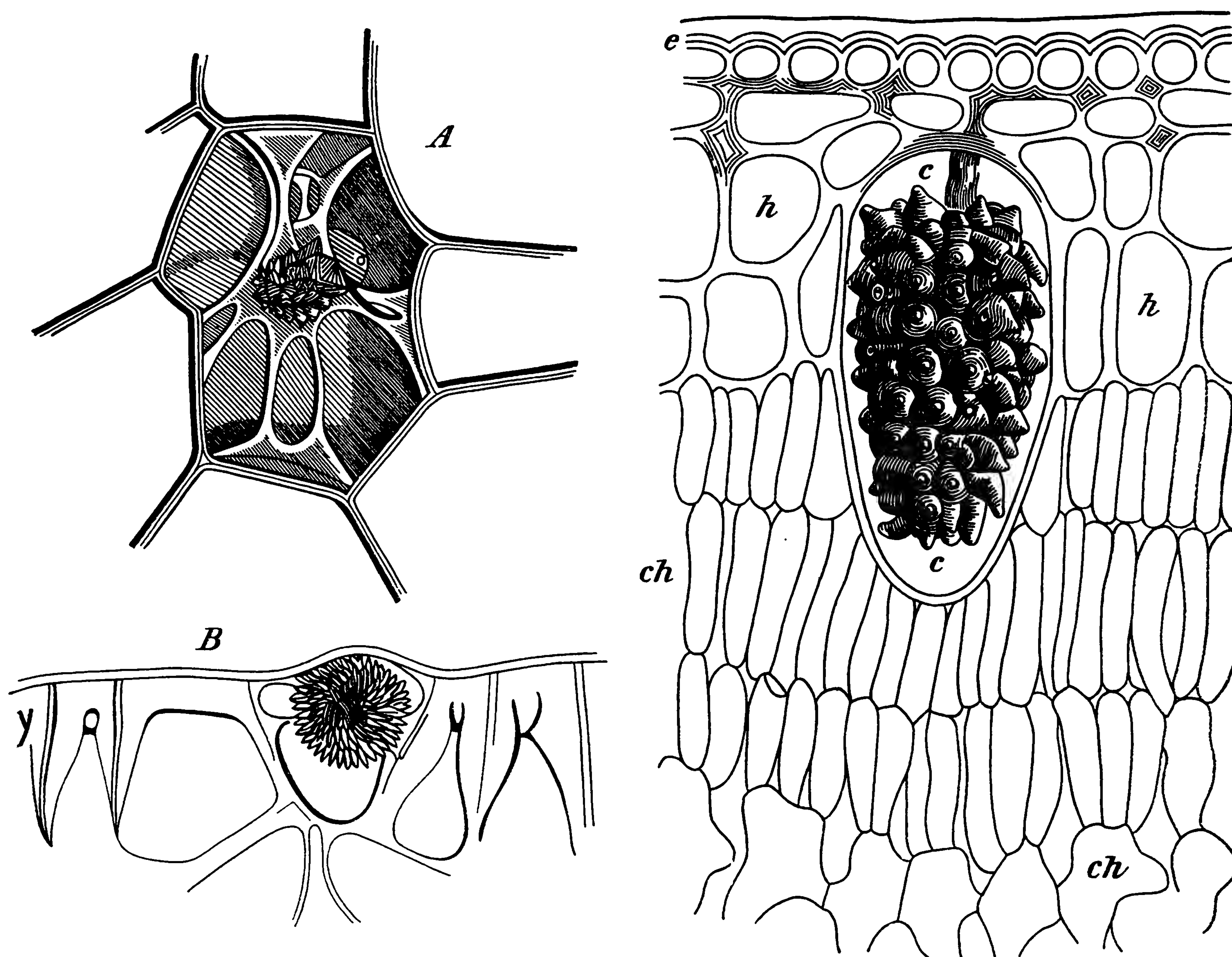


Рис. 33. Anthurium sellovum Kunth.

A, *B* — друзы, заключенные в мешках из целлюлозы

Рис. 34. Ficus elastica, поперечный разрез листа с цистолитом

h — многослойная кожица; *ch* — столбчатая паренхима с хлорофиллом; *c* — цистолит в клетке многослойной кожицы

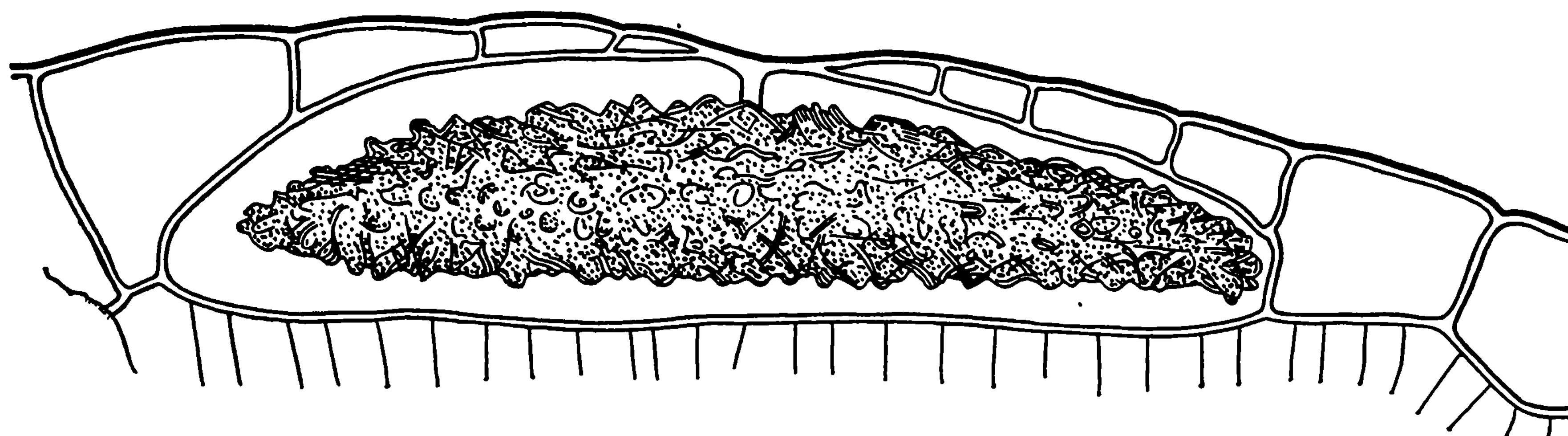


Рис. 35. Urtica macrophylla (увел. в 225 раз), поперечный разрез кожицы с цистолитом, подвешенным на короткой ножке

В последнее время открыты *Гегельмейером*[227] еще редкие случаи отложения щавелевокислого кальция в виде шаровидных кристаллических масс на поверхности семян Elisanthe noctiflora и Silene Cucubalus; выделения эти растворяются в соляной и серной кислотах; после прокаливания получается скелет, растворяющийся в соляной кислоте с выделением углекислоты.

Генель[228], кроме того, описывает в сем. Combretaceae отложения щавелевокислого кальция, сходные с зернами инулина; подобно последним, они имеют вид зерен с концентрическими наслоениями и радиальными полосками.

Отложения щавелевокислого кальция не только встречаются постоянно в определенных местах одного и того же растения, но, смотря по тканям, в которых отлагаются, принимают различные формы. По Веску[229], в коре Pterospermum они образуют сростки, в сердцевине же попадаются одиночными; в виноградной лозе сердцевидные лучи заключают большие клетки с рафидами, между тем как в рядах клеток, смежных с лубом, щавелевокислый кальций отлагается в виде простых призм. В коре Ochna mozambicensis, по указанию *Веска*[230], только один второй слой клеток, непосредственно прилегающий к кожице, заключает отложения щавелевокальциевой соли.

Строгое разграничение по тканям представляют эти отложения в ягоде винограда[231]: я находил кристаллы только в клетках внутренней ткани оболочки семяпочки (семени); друзы — почти исключительно в слое клеток, выстилающих внутреннюю полость завязи; в каждой клетке этого слоя находилось по одной друзе; рафиды были, напротив того, сосредоточены во внешнем слое перикарпия и в средней ткани оболочки семяпочки, особенно в обеих долевых выемках зародышевого мешка, выполненных этой тканью.

Весьма любопытные исследования над отложениями щавелевокальциевой соли произведены в последнее время *Веском*[232]. Ему удалось воспроизвести и получить вне растения разнообразные формы отложений щавелевокислого кальция, сходные с находимыми в растениях; наиболее совершенные формы образовались при медленном смешивании растворов щавелевокислого калия и хлористого кальция, разъединенных пергаментной бумагой; каждая соль находилась в отдельном диализаторе; один из них заключал на 100 г воды от 10 до 20 г хлористого кальция, а другой на то же количество воды от 17 до 34 г щавелевокислого калия. Диализаторы с растворами солей оставались погруженными или в чистую воду, или же в раствор гипса, тростникового сахара, глюкозы, декстрина и органических кислот. В растворах глюкозы и дек-

---

[227] *Hegelmeier*. Pringsh. Jahrb. 9, 296 (1874).
[228] *Hoenel*. Bot. Zeit. 1882.
[229] *Vesque*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5. T. 19; 300 (1874).
[230] *Vesque*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 2. 82.
[231] *Фаминицын*. Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда, с. 24 (1861).
[232] *Vesque*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5. T. 19, 300 (1874).

стрина образовались рафиды; в растворах органических кислот — большие неправильные кристаллы с острыми ребрами и простые косые призмы, сопровождаемые другими разнообразными кристаллическими отложениями щавелевокислого кальция.

Углекислый кальций, встречаемый в растениях гораздо реже щавелевокислого, образует скопления в содержимом клетки или же переполняет оболочку в виде мельчайших зерен. Примером особенно обильного отложения углекислого кальция в оболочке могут служить водоросли сем. Corallineae, также Acetabuaria и Chara; оболочка их столь сильно пропитана углекислым кальцием, что водоросли эти совершенно непрозрачны и становятся доступными расследованию только после растворения коры углекислого кальция посредством уксусной кислоты.

Значительное отложение углекислого кальция в оболочке представляют *цистолиты*. Более других исследованные цистолиты листьев Ficus elastica (рис. 34) представляют гроздьевидные тела, заключенные в клетках многослойной верхней кожицы; они подвешены к оболочке клетки на ножке со стороны, обращенной к поверхности листа. Цистолиты образуются через врастания оболочки внутрь клетки в виде стержня; на свободном конце стержень покрывается целлюлозными слоями утолщения, которые со временем образуют большой нарост, усеянный по всей толще мелкими зернами углекислого кальция; самый же стержень не содержит этого соединения, а подвергается окремнению. Для выяснения описанного строения цистолита необходимо удалить углекислый кальций, обрабатывая препарат уксусной кислотой. Несколько иную форму. хотя и построенную по тому же типу, представляют цистолиты Urtica macrophylla (рис. 35).

Обильное отложение углекислого кальция в содержимом клеток встречается в околоплоднике Lithospermum, Borrago, Cerinthe и Celtis. Уже *Соссюр* обратил внимание на то, что плодики Lithospermum содержат значительное количество углекислый солей кальция и магния и шипят от кислот, выделяя углекислоту; *Тревиранус* показал, что заключенный в плодиках Lithospermum углекислый кальций составляет 44% их веса. По исследованиям *Мельникова*[233], вся масса его отложена в двух-трех наружных слоях клеток околоплодника; он нашел все клетки наружного слоя переполненными углекислым кальцием; во втором встречалось много клеток, не содержащих этой соли; в третьем же слое только сравнительно малое число заключало отложения углекислого кальция. Сходное распределение его обнаружилось и в околоплоднике Cerinthe major.

Весьма большое количество углекислого кальция нашел *Молиш*[234] в древесине, сердцевине и узлах веток различных древесных пород. Замечательно, что соль эта отлагается только в отмирающих тканях дерева; так, например, в древесине углекислый кальций встречается

---

[233] *Melnikoff*. Unters. üb. d. Vorkommen d. konlensauren Kalkes in d. Pflanzen. Bonn, 1877. (Inaug. Dissert).

[234] *Molisch*. Sitzb. Wien. Ak. 84, 3 (1881).

только в старой части, в слоях, которые не принадлежат более заболони, отличаются от нее более темным цветом и составляют сухую и хрупкую часть дерева, называемую *собственно древесиною* (*duramen*). В старой древесине углекислый кальций выполняет в виде кристаллической массы полости сосудов и трахеид настолько, что после прокаливания получается препарат, представляющий точнейший отпечаток их полости и продушин; отложения углекислого кальция также попадаются в клетках сердцевидных лучей и древесной паренхимы. Совершенно подобные же скопления углекислого кальция образуются, по показанию *Молиша,* в отмирающих участках сердцевины, в отмершей древесине, на пораненных местах, в отмирающих узлах ветвей. Он нашел обильный кристаллический осадок углекислого кальция в следующих древесных породах: Ulmus campestris, Ulmus montana, Celtis orientalis, Sorbus torminalis, Pyrus microcarpus и Fagus sylvatica.

Из других неорганических солей удалось найти в растениях еще следующие: *щавелевокалиевую* и *фосфорнокальциевую.* Первая из них встречается в виде раствора в клеточном соке многих растений, особенно в Oxalis и Rumex, преимущественно в паренхиме коры и в сердцевине; вторая найдена *Томсом*[235] в древесине Tectonia grandis в виде маленьких зернышек, вкрапленных в древесину и отличимых простым глазом; более крупными массами она попадалась ему гораздо реже; однажды *Томс* нашел в щели древесины кусок этой соли в 5 см длины и в 2 см ширины.

Основная соль фосфорнокислого кальция оказалась[236] в паренхиме листовых пластинок Soia hispida и Robinia pseudoacacia, выращенных в водном растворе солей; она образовала в них округлые и яйцевидные тела, сильно преломляющие свет.

Отложение в живой клетке железа в виде окиси найдено *Ганштейном* в панцире описанной *Кютцингом* водоросли Psichohormium. Обрабатывая панцирь желтою железною солью и соляной кислотой, он убедился, что окись железа появляется в толще оболочки между внутренним и наружным ее слоями в виде отдельных точек, которые, постепенно разрастаясь параллельно поверхности оболочки, сталкиваются краями и сливаются в непрерывный слой. Многослойный панцирь происходит, по его исследованиям, повторением этого процесса. Сильно развитое наслоение панцирей превосходит иногда раз в 20 диаметр клетки; через разрастание клетки в длину панцирь нередко является расщепленным на несколько отдельных поясов. Углекислой извести найти в нем не удалось.

Из всего сказанного в этой главе вытекают следующие положения.

1. Из 65 элементов в растениях удалось найти 35.

2. Растения построены преимущественно из четырех элементов: углерода, кислорода, водорода и азота, которые составляют необходимую

---

[235] *Thoms.* Land. Vers. 23, 413.
[236] *Nobbe, Hänlein u. Cauncler.* Land. Vers. 23; 471.

принадлежность всякой живой клетки и называются поэтому *органогенами*. Сухое вещество растений почти наполовину состоит из углерода; несколько меньшая доля (около 42%) приходится на долю кислорода. Сумма обоих этих органогенов составляет в среднем выводе $^9/_{10}$ твердой массы растений.

3. Из других элементов, встречающихся обыкновенно в весьма малых количествах, необходимыми составными частями растения считаются сера, фосфор, хлор?, калий, кальций, магний и железо.

4. В состав растений входят соединения органические и минеральные; последние составляют обыкновенно лишь незначительную часть.

5. Из органических соединений оказались преобладающими три группы тел: белковые тела, углеводы и жиры; весьма распространены в растениях также кислоты: щавелевая, яблочная, виннокаменная, лимонная, дубильные вещества и пектиновые соединения.

6. Из минеральных отложений в растениях найдены преобладающими кремнезем и соли кальция — углекислая и щавелевокислая; наибольшее распространение обнаружено относительно последнего соединения и притом в трех видах: кристаллах, друзах и рафидах.

7. Органические и минеральные соединения обнаружили совершенно определенное распределение в клетке и по тканям растний. *Клетчатка* оказалась заключенной только в оболочке клеток; *крахмал* в виде зереп — в определенных участках плазмы в крахмалообразователях; *сахар* — в клеточном соке; *белковые тела* — в плазме, к которой нередко примешиваются жиры в виде маслянистых капель, плавающих внутри клетки; *древесина, пробковое вещество, кутин* и *воскообразные вещества* — в оболочке.

Результаты, полученные касательно распределения органических веществ по тканям, по малочисленности не допускают определенного вывода, хотя несомненно свидетельствуют о строгой законности распределения их по различным тканям.

8. Исследования состава золы растений показали, что она состоит главным образом из фосфорнокислых, сернокислых, хлористых и углекислых щелочей и щелочных земель, железа и кремнезема.

9. Состав золы оказался обусловленным, с одной стороны, растением, с другой — внешними условиями.

10. Зола была найдена различной в различных органах одного и того же растения. Касательно распределения и состава золы по органам выяснилось следующее: листья богаче золой, чем осевая часть растений; у древесных пород в стволе кора почти столько же содержит золы, как и листья, и значительно больше, чем древесина. Замечательно различие в распределении кали, извести, магнезии, фосфорной кислоты и кремнекислоты в травянистых растениях сравнительно с древесными; за немногими исключениями, вышеперечисленными.

Интересно также более значительное содержание золы *зародыша* сравнительно с *белком* у злаков и *осевой части зародыша* сравнительно с *семядолями* у фасоли, а равно и преобладание в золе семян и почек фосфорнокислых щелочей и щелочных земель.

Травянистые растения содержат:	**Древесные породы содержат:**
Кали в *осевой части* больше, чем в *листьях*	В *листьях* больше, чем в *древесине;* в *древесине* больше, чем в *коре*
Извести в *листьях* больше, чем в *осевой части*	В *коре* больше, чем в *древесине;* в *древесине* больше, чем в *листьях*
Магнезии распределение различное	В *листьях* больше, чем в *древесине*; в *древесине* больше, чем в *коре* (распределение, противоположное извести)
Фосфорной кислоты в *осевой части* больше, чем в *листьях*	В *листьях* больше, чем в *древесине,* в *древесине* больше, чем в *коре*
Кремнекислоты в *листьях* больше, чем в *осевой части*	Результат неопределенный

11. Азотная кислота оказалась убывающей в растении по мере приближения к листовой пластинке; здесь находили ее только в нервах; в клетках листовой паренхимы азотная кислота постоянно отсутствовала, по всему вероятию, вследствие переработки ее этой тканью в органические азотистые соединения.

Глава вторая

ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ [1]

Необходимым условием жизни всякого организма, растительного и животного, является принятие пищи извне и переработка ее в *организованные* образования — клетки и ткани; обменом веществ с окружающею средою поддерживается жизнь организма и его разрастание.

Всякому известно, что лишенное пищи животное теряет значительно в весе, слабеет и затем умирает; совершенно подобное происходит при недостатке пищи и с растением. В растении, как и в животном, значение пищи двоякое: с одной стороны, она доставляет материал для построения его органов, с другой — служит источником силы для жизненных отправлений организма. Первое само по себе понятно; второе требует разъяснения. Не вся пища, а только известная часть ее идет на построение тела растения или животного; значительное количество ее сожигается внутри организма. Непосредственные наблюдения несомненно показали, что, за весьма немногими исключениями, для поддержания жизни как животного, так и растения необходимо присутствие свобод-

---

[1] Для устранения недоразумений по поводу употребленных мною в заголовке статьи слов «органическими соединениями» считаю необходимым сделать следующую оговорку: в большинстве случаев совершенно неизвестно, в виде каких соединений содержатся в растении элементы, находимые в золе; всеми, например, признано, что углекислые щелочи и в большинстве случаев щелочные земли образуются при сжигании от разрушения органических соединений, в состав которых входят калий, кальций и магний; то же принимается и относительно других главных составных частей золы, например сернокислых и фосфорнокислых солей щелочей и щелочных земель; в каком соединении в растении пребывает железо, также неизвестно. Имея это в виду, я полагал более правильным обозначить названием «органических соединений» совокупность соединений, входящих в состав пластического материала, который непосредственно потребляется растением для построения его тела. Под именем органических соединений я разумею здесь, например, запасной материал, временно отлагаемый в семенах, луковицах, а равно и в стволе и корне древесных пород, на счет которого разрастается в присутствии воды и кислорода заключенный в семени зародыш, вырастают молодые побеги, соцветия и другие части растений. Под вышеприведенное определение органических соединений подходят также разлагающиеся животные и растительные массы неопределенного состава, которые служат субстратами для развития простейших организмов. Здесь, следовательно, термин «*органические соединения*» употреблен в более широком смысле, чем в первой главе, где под этим названием подразумевались только сгораемые составные части растений в противоположность несгораемым — золе. Значение, приданное мною в настоящем случае словам «органические соединения», вполне соответствует значению их в органической химии; здесь, как и там, в число органических тел включаются соединения, которые после прокаливания оставляют золу, например соединения органических кислот с неорганическими основаниями, также металлоорганические соединения и органические тела, содержащие серу, фосфор, хлор, бром, йод и другие составные части золы.

ного кислорода в окружающей среде. В отсутствие его, как увидим ниже, почти мгновенно прекращается движение плазмы, останавливается рост, уничтожается чувствительность к внешним раздражениям; если задержать доступ кислорода только на короткое время, то прекратившиеся отправления проявляются вновь с прежнею силою и организм возвращается к жизни; при более долгом отсутствии кислорода наступает неминуемо смерть. Освобождаемая при поглощении кислорода тепловая энергия служит источником силы, которой приводится в действие сложный механизм животного и растительного организма. Без затраты энергии жизнь органическая немыслима в той же мере, как немыслима машина, работающая по собственному почину, без потребления внешней силы.

В питании растений необходимо различать две фазы: 1) синтез органических соединений и 2) переработку их в организованные образования, в клетки, ткани и органы растений. Синтез органических соединений из простейших минеральных составляет характерную особенность питания большинства растений. У животных эта фаза питания выпадает, так как они питаются или непосредственно растениями, или же поедают других животных, которые требуют растительной пищи. Питание животных сводится, следовательно, на построение их тела из сложных органических соединений. Совершенно подобным же образом происходит построение организованных образований во всех растениях, без исключения. Все они строят свое тело на счет органических соединений. Сходство в этой фазе питания животных и растений не есть только кажущееся, внешнее; как в животных, так и в растениях преобладают в пластическом материале три группы органических соединений: белковые тела, жиры и углеводы; разложения производятся главным образом аморфными ферментами; при этом происходят химические реакции с выделением тепловой энергии; эти процессы питания сопровождаются, наконец, как в растениях, так и в животных одинаковым обменом газов с окружающей средой, именно поглощением кислорода и выделением углекислоты.

Химические превращения, при посредстве которых происходит переработка пластического материала в организованные образования, совершенно не зависят от того, вырабатывает ли сам организм вещества, необходимые для построения его тела, или заимствует их извне, пользуясь соединениями уже готовыми. Примерами могут служить прививки и черенки, разрастающиеся в большие ветви с цветами и плодами даже и в том случае, если дичок принадлежит не только другому виду, но и роду растений; принятая зачаточная часть растения вырабатывает из органических соединений, доставляемых дичком, ткани и органы, вполне сходные по составу и строению с соответствующими частями растения, с которого был снят прививок или черенок. Еще более наглядный пример представляют простейшие грибы; они разрастаются в формы совершенно тождественные на почве, содержащей все необходимые для них органические соединения, и в искусственной смеси из минеральных солей и сахара, несмотря на то что в последнем случае они

принуждены сами вырабатывать внутри себя белковые тела и жиры, необходимые для построения грибной ткани.

Процессы построения организованных образований из органических соединений, свойственные каждой живой клетке и не прекращающиеся во все время ее жизни, имеют с физиологической точки зрения гораздо большее значение, чем процессы синтеза органических соединений.

Основываясь на вышеприведенных соображениях, я изложу в настоящей главе питание растений на счет органических соединений, а в следующей рассмотрю исследования над синтезом органических соединений в растениях.

На счет запасного пластического материала происходят прорастание семян, рост лиственных побегов в первое время развития, разрастание большей части тканей ствола стебля, ветвей и корней, питание цветов и плодов. Сюда же относятся процессы питания лишенных хлорофилла паразитов из цветковых растений, питание насекомоядных растений насекомыми, питание всего класса грибов, включая и бактерии (Schizomycetes). Сообразно с этим в настоящей главе удобно произвести следующие подразделения и изложить в последовательном порядке:

1) прорастание семян;
2) питание лиственных побегов в первое время их развития;
3) питание ствола, ветвей и корней;
4) питание цветов и плодов;
5) питание паразитов из цветковых;
6) питание насекомоядных растений;
7) питание грибов с включением бактерий.

I. ПРОРАСТАНИЕ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ

Наиболее существенную часть семени составляет зародыш; между семенами отличают безбелковые и белковые; в первых семя состоит из зародыша, прикрытого кожурою; в последних, кроме зародыша, заключается в семени белок, т. е. паренхиматическая ткань, переполненная запасным материалом, предназначенным для питания зародыша во время прорастания.

В семенах безбелковых запасной материал заключен в семядолях зародыша; в белковых — в белке, положение которого относительно зародыша у разных растений различно; у хвойных, например, он окружает зародыш со всех сторон, у злаков прилегает к нему с одной стороны.

А. СОСТАВ СЕМЯН И ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ПРОРАСТАНИЕ

Состав семян

Между составными частями запасного материала семени главную роль играют белковые тела, жиры и углеводы; белковые тела отлагаются в виде зерен алеурона; жиры всего чаще встречаются в виде триглицеридов жирных кислот — пальмитиновой, стеариновой и олеиновой; из углеводов попадается почти исключительно крахмал. В семенах жиры преобладают над крахмалом. По исследованиям *Негели*[2], приблизительно только $^1/_{10}$ часть родов цветковых заключает в семенах крахмал, в остальных он заменяется жирами. Первые называются *крахмалистыми*, или *мучнистыми*, вторые *маслянистыми* семенами.

К числу более редких составных частей запасного материала в семени относятся:

1. *Клетчатка*, в клетках белка семени Phoenix dactylifera; клетки эти характеризуются очень сильно утолщенными стенками, пронизанными узкими продушинами. Слои утолщения состоят из чистой клетчатки; во время прорастания они постепенно растворяются до полного исчезновения и служат материалом для развития зародыша.

2. *Глюкозиды*.

Дигиталин — в семенах Digitalis purpurea, распадающийся под влиянием слабых кислот на глюкозу и какое-то неопределенное, смолистое тело.

Амигдалин ($C_{20}H_{27}NO_{11}$) — в семенах Amygdalus communis L. var. amara, Amygdalus persica, Prunus Laurocerasus, Prunus domestica. В горьких миндалях *Либих* и *Вёлер* нашли до 2% амигдалина. Вместе с амигдалином находится в горьких миндалях и аморфный фермент *эмульзин*, который в присутствии воды вызывает распадение амигдалина на глюкозу, масло горьких миндалей и синеродистоводородную кислоту согласно следующему уравнению:



$$C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}=C_4H_5NS+C_6H_{12}O_6+KHSO_4.$$

Мироновая кислота ($C_{10}H_{18}NS_2O_{10}$) заключается в виде калийного соединения в семенах черной горчицы совместно с *мирозином* — ферментом, производящим в присутствии воды расщепление мироновокислого калия на горчичное масло, виноградный сахар и кислый сернокислый калий:



$$C_{10}H_{18}KNS_2O_{10}=C_4H_5NS+C_6H_{12}O_6+KHSO_4.$$

Распадение этого сопровождается выделением небольшокго количества серы и образованием цианистого аллила.

3. *Алкалоиды*.

Теобромин — в семенах Theobroma Cacao.

Кофеин — в семенах Coffea arabica.

---

[2] *Nägeli*. Stärkekörner, p. 387.

Стрихнин и *бруцин* — в семенах Ignatia amara L. и Strychnos Nux vomica L.

Вератрин — в семенах Sabadilla officinalis Brandt.

Лупинин — в семенах Lupinus luteus [3].

4. Кислоты.

Лимонная кислота оказалась, по *Бейеру* [4], в семенах Lupinus в значительном количестве и притом в свободном состоянии; в них же он нашел небольшое количество *щавелевой* и *яблочной* кислот.

5. Некоторые семена заключают *дубильные вещества*, например семена дуба, каштана.

6. К числу редких составных частей непроросших семян относится также *аспарагин*; в семенах Vicia *Горуп-Безанес* [5] открыл небольшое количество легко кристаллизующегося вещества, которое, по его мнению, есть аспарагин; *Портес* [6] нашел его в сладких миндалях; при обработке спиртом на поверхности семян появились во множестве кристаллы аспарагина; частью образовались они и в ткани семени.

7. В семенах Lupinus, содержавших 9,46% азота, *Шульце* [7] нашел 8,16% азота в виде белковых тел и 1,3% в виде других азотистых соединений; между последними не оказалось ни аспарагина, ни других амидов, разлагаемых соляной кислотой с выделением аммиака, вследствие чего *Шульце* принимает эти соединения за *амидокислоты*.

В дополнение к составу семян замечу, что при обзаливании их получается зола, составленная по преимуществу из фосфорнокислых щелочей и щелочных земель.

Разрастание зародыша и частей его на счет запасного материала

Отложенные в семени соединения остаются без перемены, пока семя не смочено водой. От воды оно разбухает и затем начинает прорастать; выступает сперва корешок, а вслед за ним и стеблевая почка зародыша; развитие их идет частью на счет веществ, в них самих отложенных, главным же образом на счет запасного материала семядолей и белка [1*]. Доказательством этого служат следующие факты: до прорастания клетки семядолей и белка переполнены белковыми телами, жирами и углеводами; вследствие этого ткань их является плотной и твердой; в конце прорастания они содержат водянистый сок, окруженный тонким слоем плазмы и занимают гораздо меньший объем. По мере истощения запасного материала ткань белка сплющивается между разрастающимся зародышем и оболочками семени. Изменения в семядолях безбелковых

---

[3] *Eichhorn*. Land. Vers. 9, 272 (1867).
Siewert. Land. Vers. 12; 306 (1870).
Beyer. Land. Vers. 10; 518 (1868) и 14; 168 (1872).

[4] *Beyer*. Land. Vers. 14; 162 (1872).

[5] *Gorup Besanez*. Ber. d. d. chem. Ges. 7; 146, 564 (1874). (Just. Jahresb. 1874; 833).

[6] *Portes*. Repert. f. Pharm. N. S. 4; 641 и 673. (Just. Jahresb. 1876; 869).

[7] *Schulze*. Land. Jahrb. 1878; 411.

семян обнаруживаются весьма ясно при сравнении мясистых семядолей гороха и боба до и после прорастания; в непроросшем семени они представляют весьма крепкую массу; в конце же прорастания являются дряблыми, съеживаются и покрываются морщинами.

О разрастании корня и стеблевых частей зародыша на счет запасного материала семени свидетельствуют и сравнительные опыты над прорастанием в почве плодородной и лишенной питательных веществ, например в прокаленном и промытом песке, пемзе или дистиллированной воде. Прорастание идет одинаково успешно в каждой из этих почв, если только семя смочено в достаточной степени водой и обеспечен свободный доступ кислорода.

Интересные указания относительно разрастания цельного зародыша и отдельных его частей приведены *Фан-Тигемом*[8]; из его опытов видно, насколько возможно развитие каждой отдельной части зародыша на счет заключенного в ней запасного материала. Из семян маслянистых он исследовал Ricinus communis и Helianthus annuus, из крахмалистых — Mirabilis jalappa, M. longiflora, Canna aurantiaca и Zea Mays, из семян, где крахмал заменен клетчаткой,— Phoenix dactylifera и Aucuba japonica. *Фан-Тигем* не только подтвердил уже указанное другими исследователями сравнительно слабое развитие зародыша, если отделить его от белка или лишить семядолей, но производил расчленение зародыша на части. Так, например, десять зародышей Helianthus были перерезаны им поперек и разъединены на семядоли, подсемядольное колено и корешок; отдельные части эти были затем оставлены при температуре 22—25° С под стеклянным колпаком в вате, смоченной водою. Уже по прошествии 24 часов они оказались сильно разросшимися; корешки, имевшие при расчленении длину в 0,5 мм, выросли до 8—12 мм и покрылись в более старых частях корневыми волосками; подсемядольные колена тоже сильно разрослись и достигли 15—20 мм длины, между тем как в начале опыта не превышали длины 1 мм; корешки и подсемядольные колена продолжали расти еще несколько дней; подсемядольные колена образовали при этом от 3 до 4 придаточных корней длиною в 20—30 мм. Отдельные семядоли подсолнечника быстро зеленели и достигали размеров больших, чем при нормальном прорастании, так как вследствие отсутствия прорастающих частей зародыша весь запас пластического материала остался в них и пошел на их собственное разрастание. По прошествии 17 дней они достигали длины от 19 до 20 мм и ширины от 9 до 10 мм, между тем как при нормальном прорастании длина их равнялась обыкновенно 10—12 мм, а ширина 6—7 мм. Из основания семядолей вырастали корешки до 40 мм длины, иногда же образовались и придаточные почки. *Фан-Тигему* удавалось наблюдать даже разрастание вырезанных из зародыша долевых пластинок и поперечных полосок тканей; разрастание отрезанного куска получалось соразмерным его объему или, что одно и то же, пропорциональным количеству заключенного в нем запасного материала.

---

[8] *Van Thiegem.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5; t. 17, 205 (1873).

Совершенно сходный результат получился при опытах с зародышами Mirabilis Jalappa и Zea Mays. *Фан-Тигем* вызывал усиленный рост отделенного от белка зародыша, окружая его кусочками предварительно снятого белка; даже белок от растения, различного от зародыша, обусловливал значительно больший прирост зародыша; так, например, разрастание зародыша Mirabilis было значительно усилено плотно приложенным к нему комочком муки из семени Polygonum Fagopyrum.

Результаты *Фан-Тигема* были проверены и подтверждены *Вальцем*[9], которому удалось выращенные этим способом растения довести до цветения; полученные растеньица отличались от нормальных только более слабым развитием.

Аморфные ферменты и вызываемые ими превращения

Отложенный в семени запасной материал состоит почти исключительно из соединений, трудно растворимых в воде; растворению их отчасти содействуют минеральные соли, например фосфорнокалиевая соль, но первенствующее значение в этом отношении принадлежит особого рода органическим соединениям, так называемым *аморфным ферментам*[2*].

Соединения эти представляют тела аморфные, белого цвета, содержащие азот; по всему вероятию, они весьма близки по составу к белковым телам, от которых, однако, отличаются тем, что не осаждаются таннином и не окрашиваются в желтый цвет ни йодом, ни азотной кислотой; они легко растворимы в воде и осаждаются из водного раствора спиртом; на осаждении спиртом из водного раствора основан способ получения их в возможно чистом виде. Точного представления об их составе в настоящее время не имеется; наиболее характерная особенность их заключается в способности переводить различные нерастворимые органические соединения в раствор, изменяя при этом до некоторой степени их химический состав. В большинстве случаев частица переводимого в раствор тела расщепляется на частицы более простые, которые при этом гидрогенизуются, т. е. присоединяют по частице воды.

Обстоятельнее всего изучен из аморфных ферментов диастаз, обладающий способностью легко переводить большие количества крахмала (клейстера) в декстрин и сахар; его приготовляют обыкновенно из ячменя; ячменю дают прорасти и, когда росток достигнет длины более 1 см, растеньица осторожно высушивают. Высушенная и измельченная масса эта известна в продаже под названием солода. Солод разводят в воде; некоторые составные части его, в том числе и диастаз, переходят в раствор; жидкость фильтруют и из полученного фильтрата осаждают диастаз спиртом; белый осадок растворяют вновь в небольшом количе-

---

[9] *Вальц.* О размножении растений частями семян. Публичная лекция, читанная в Одессе. 1877.

стве воды и опять осаждают спиртом, повторяя эту операцию по нескольку раз.

Наиболее обстоятельные разыскания над диастазом принадлежат Паэну; очищенный им диастаз переводил в декстрин и сахар количество крахмала, в 2000 раз превосходящее по весу количество прибавленного диастаза. Для ускорения реакции крахмал предварительно превращают в клейстер нагреванием с водою. Изменение крахмала диастазом прежде всего сказывается в том, что он перестает окрашиваться от йода в синий цвет; первоначальная синяя окраска заменяется фиолетовой, которая, в свою очередь, переходит в бурую; наконец исчезает и бурый цвет; весь крахмал оказывается превращенным в декстрин и глюкозу; в присутствии последней легко убедиться посредством фелинговой жидкости. Ход реакции в высокой степени обусловливается температурой; она идет всего скорее при 70° С.

Гораздо труднее клейстера изменяются под влиянием диастаза зерна крахмала. Только в последнее время удалось *Баранецкому*[10] наблюдать постепенное растворение крахмальных зерен при посредстве диастаза. Все прежние исследователи получали отрицательный результат; так, например, *Жерен-Вари* (Gerain-Varry) находил картофельный крахмал неизменным даже после 60-дневного пребывания в растворе диастаза при температуре 25—30° С; при этом в жидкости не оказалось и следа сахара. Основываясь на полученном результате, он заключил, что и в растении крахмальные зерна переводятся в глюкозу не диастазом, а каким-нибудь другим ферментом. *Баранецкий* подтвердил, что картофельный крахмал труднее крахмала всех прочих испытанных им растений переводится в глюкозу, но в то же время ему удалось достигнуть полного растворения зерен крахмала, прибавляя к жидкости, кроме диастаза, небольшое количество кислоты. В кислой жидкости зерна крахмала постепенно переходили в раствор и представляли рисунок, сходный с зернами крахмала в прорастающем растении; местами они делались совершенно прозрачными и казались как бы разъединенными; постепенное растворение их не сопровождалось разбуханием, и они сохраняли во все время прежнюю форму и размеры; гранулеза, легче растворимая диастазом, исчезала раньше из крахмального зерна, чем крахмальная целлюлоза; в этих местах контур и слои крахмального зерна делались совершенно прозрачными и представляли резкий контраст с остальной, еще не измененной массой крахмального зерна (рис. 36 и 37). По мере растворения гранулезы светлые места увеличивались в размере, пока не охватывали всего зерна; за растворением гранулезы следовало растворение крахмальной клетчатки, и крахмальное зерно исчезало в жидкости бесследно. Наиболее удобными объектами для наблюдения действия диастаза оказались зерна крахмала пшеницы и гречихи. Из кислот хлористоводородной, муравейной, уксусной и лимонной всего сильнее содействовала растворению зерна крахмала, по наблюдениям *Баранецкого*, муравейная кислота.

---

[10] *Baranetzky*. Die stärkeumbildenden Fermente in d. Pflanzen. 1878.

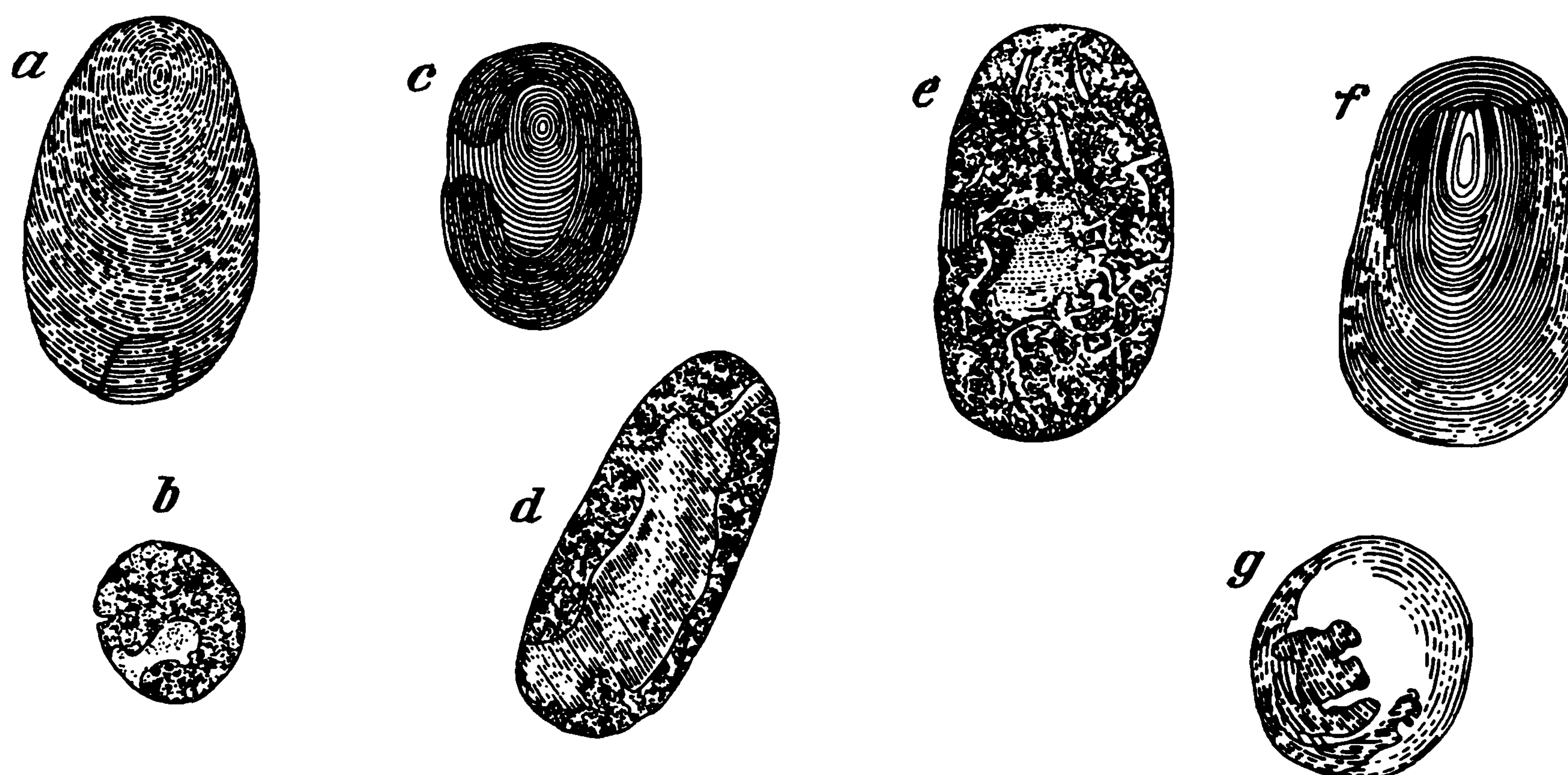


Рис. 36. *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g* – крахмальные зерна Solanum tuberosum в различных стадиях растворения в диастазе

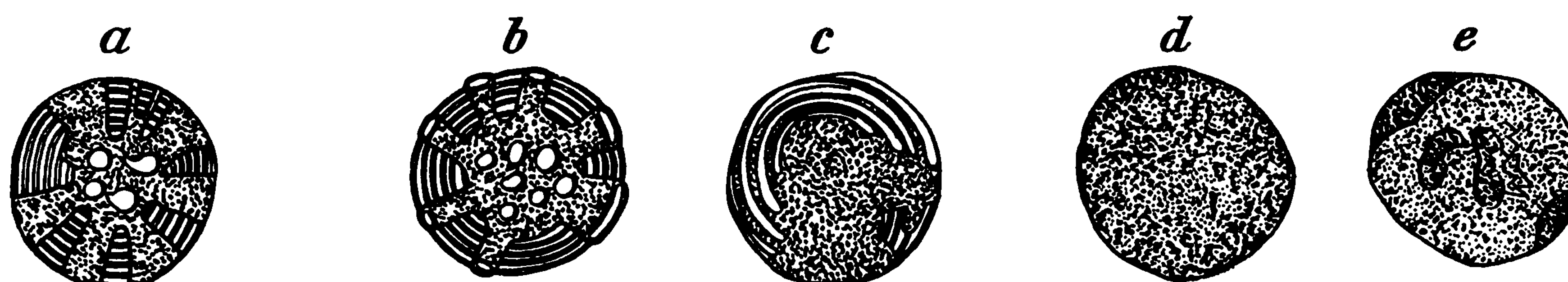


Рис. 37. *a*, *b*, *c*, *d*, *e* – крахмальные зерпа Triticum vulgare, измененные диастазом

Ввиду этих результатов особенный интерес представляет открытие диастаза в некоторых семенах до прорастания; *Краух* [11] нашел его в непроросшем ячмене, в зародыше непроросшего маиса, из маслянистых семян – в тыкве; *Виль* [12] открыл его в семенах сосны, маиса, в миндалях и бобах.

Сходный с диастазом фермент найден *Баранецким* [13] в семенах и проростках Pisum sativum и Mirabilis jalappa и в прорастающих растениях Phaseolus multiflorus.

Присутствием диастаза в прорастающем семени объясняется, однако, только переход в растворимые соединения одного крахмала, так как на белковые тела и жиры диастаз вовсе не действует. До сих пор не удалось еще извлечь из семени или проростка специального фермента для белковых тел вроде пепсина. В этом отношении имеются только следующие указания; *Горуп-Безанесу* [14] удалось извлечь из семян Vicia, Cannabis sativa и Linum usitatissimum, а также и из прорастающего ячменя аморфное тело, переводящее в раствор, кроме крахмала, и белковые тела. Для получения этого фермента *Горуп-Безанес* обраба-

[11] *Krauch.* Land. Vers. 23; 77 (1879).
[12] *Will.* Pflügers Archiv. 2; 197 и 3; 339.
[13] *Baranetzky.* Die Stärkeumbildenden Fermente in d. Pflanzen, 1878.
[14] *Gorup Besanez.* Ber. d. deutsch. ch. Ges. 8; 1510. (Just. Jahresb. 1875; 819).

тывал измельченные семена этих растений глицерином; фермент переходил в раствор, из которого был осаждаем спиртом. Осадок представлял белоснежную порошковатую массу, содержавшую серу, 4,3% азота и 7,76% золы. Подобно пепсину, он превращал в присутствии соляной кислоты разбухший фибрин и белок куриного яйца в пептоны; замечательно, что в то же время он обладал способностью превращать крахмал в сахар.

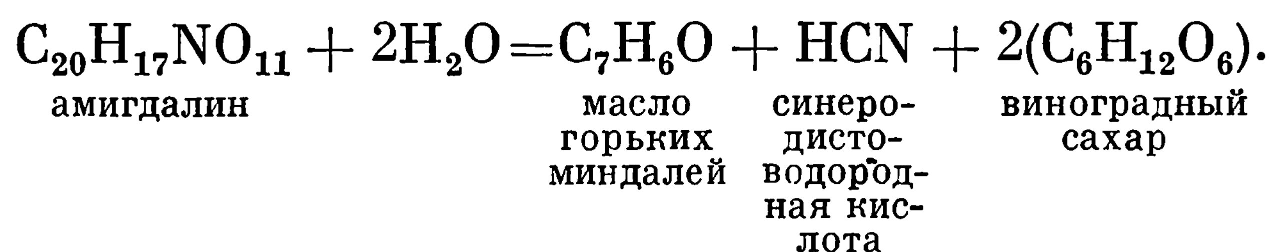
Фермент, подобный описанному *Горуп-Безанесом,* нашел *Фан-дер-Гарст*[15] в прорастающем Phaseolus vulgaris; он извлекал его также глицерином из проростков, достигших длины 1—2,5 см; семядоли и проростки он расследовал отдельно. Глицериновая вытяжка семядолей переводила в присутствии соляной кислоты свежеприготовленный из крови лошади фибрин в пептоны; еще более сильное действие она обнаружила на крахмал, превращая его в сахар; между тем как чистый глицерин и глицериновая вытяжка проростка оставляли фибрин и крахмал без перемены.

Ввиду неопределенных сведений о химическом составе диастаза и подобных ему аморфных ферментов остается нерешенным, содержал ли извлеченный *Горуп-Безанесом* и *Фан-дер-Гарстом* белый порошок один фермент, отличный от диастаза и пепсина, или же смесь последних. На основании этих опытов невозможно еще считать доказанным существование фермента, обладающего способностью превращать белок в пептоны и крахмал в сахар, тем более что для двух наиболее расследованных ферментов, диастаза и пепсина, обе эти функции оказались строго разграниченными. Правда, что до сих пор не удалось отделить пепсин от диастаза в прорастающих растениях, но тем не менее существование пепсина весьма вероятно, так как присутствие его в растениях (насекомоядных) несомненно доказано.

Все попытки отыскать аморфный фермент, способный переводить в семенах жиры в соединения, растворимые в воде, оказались пока тщетными.

Кроме перечисленных аморфных ферментов, найдены еще следующие.

Эмульзин в сладких миндалях; при смачивании их водою под влиянием эмульзина заключенный в миндалях глюкозид амигдалин распадается на масло горьких миндалей, синеродистоводородную[3*] кислоту и виноградный сахар:

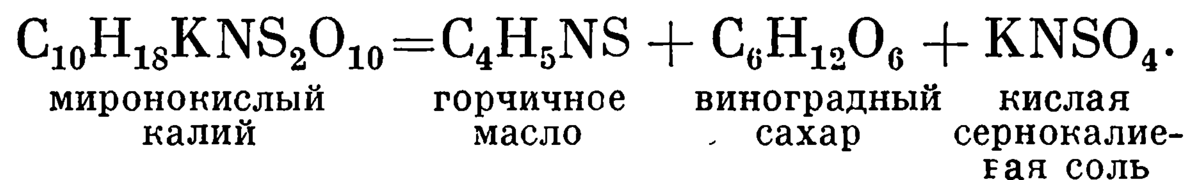

$$C_{20}H_{17}NO_{11} + 2H_2O = C_7H_6O + HCN + 2(C_6H_{12}O_6).$$

Подобное же распадение, сопровождаемое образованием сахара, производит эмульзин в салицине и других глюкозидах.

---

[15] *Van der Harst.* Moondblad voor Naturwetensch. 1876; 20, Sept. (Just. Jahrebs. 1876; 867).

Мирозин, специальный фермент миронокислого калия, найден в семенах черной горчицы. Миронокислый калий распадается в присутствии мирозина на горчичное масло, виноградный сахар и кислую сернокалиевую соль:



$$C_{10}H_{18}KNS_2O_{10} = C_4H_5NS + C_6H_{12}O_6 + KNSO_4.$$

миронокислый калий — горчичное масло — виноградный сахар — кислая сернокалиевая соль

Превращение белковых тел. Изменения, претерпеваемые белковыми телами при прорастании, неоднократно служили в последнее время предметом расследования. Полученные результаты интересны в том отношении, что обнаружили полную аналогию между распадением белковых тел в прорастающем растении и распадением их под влиянием некоторых реактивов вне организма.

Открытие в прорастающих растениях аморфного фермента, способного переводить в раствор белковые тела, заставило предполагать в проростках присутствие пептонов. Предположение это подтвердилось только что произведенными расследованиями *Шульце* и *Барбьери*[16], которые нашли пептоны в прорастающих Lupinus, Soja, Cucurbita, хотя и в количестве весьма незначительном сравнительно с содержанием белковых тел в семени. Проростки Lupinus оказались всего богаче содержанием пептонов; на третий и четвертый дни прорастания количество пептонов равнялось 0,6—0,7% веса всего сухого вещества; в семядолях оно было значительнее: от 0,8 до 1,38%. В прорастающих Soja пептоны составляли 0,37%, а в прорастающей тыкве — 0,8% сухого вещества всего растеньица. Ввиду недостаточной точности метода количественного определения пептонов, а также и возможности образования некоторого количества их во время манипуляций при их выделении сами авторы не придают особенного значения полученным числовым данным; довольно значительная разница в содержании пептонов, полученная при определении их различными способами, заставляет пока относиться к добытым цифровым данным скептически. Кроме пептонов, весьма мало отличных от белковых тел, найдено в прорастающих растениях еще несколько ближайших продуктов распадения белковых тел.

Между работами, выясняющими состав белковых тел, первое место занимают труды *Шютценбергера*[17]. Действуя на белок и ближайшие его составные части едким баритом в стальном герметически закрытом цилиндре при 100—150°, он получил целый ряд соединений, составленных из тел, кристаллизующихся и удобно уединяемых. Исследования *Шютценбергера* особенно ценны потому, что он не ограничился одним качественным анализом продуктов распадения, но произвел и количественные определения каждого из них. Сумма выделенных соединений почти равнялась весу взятого белкового тела и свидетельствовала, что от внимания *Шютценбергера* не ускользнул ни один из главных продук-

[16] *Schulze u. Barbiere.* Chem. Centralb. 1881; 714.
[17] *Schützenberger.* Ann. Chem. Phys. S. 5; t. 16, 289 (1879).

тов разложения. На основании своих разысканий *Шютценбергер* дает альбумину формулу $C_{240}H_{387}N_{68}O_{75}S_3$.

Главная масса продуктов разложения оказалась составленной из органических амидных соединений, происшедших вследствие гидратации альбумина; в смеси этой *Шютценбергер* различает две части: 1) меньшую часть, равную 16—18% всей смеси, которая заключала ряд соединений, где N: O = 1:3, или 1:4, или 2:5; преобладающими соединениями в ней были амидокислоты[4*] рядов $C_nH_{2n-1}NO_4$, $C_nH_{(2n-3)}NO_3$, $C_{2n}H_{(4n-4)}N_2O_6$ и $C_nH_{(2n-1)}NO_3$ и 2) бо́льшую часть смеси, из которой состояло более $^4/_5$ всего нелетучего остатка; в состав последней входили одни только клюкопротеины состава $x(C_nH_{2n}N_2O_4)$ или же смесь из глюкопротеинов $x(C_nH_{2n}N_2O_4)$, лейцинов $C_nH_{(n+1)}NO_2$[5*] и лейцеинов $C_nH_{(2n-1)}NO_2$[6*]. Кроме амидных тел, получались в небольших количествах терозин, соли бария: углекислая, щавелевокислая и сернокислая, аммиак и несколько уксусной кислоты.

Сходное разложение белковых тел получили *Хлазивец* и *Габерман*[18], окисляя их хлористоводородной кислотой и хлористым цинком; между продуктами разложения оказались аммиак, тирозин, лейцин, аспарагиновая и глютаминовая кислоты.

Ближайшие продукты распадения белков — лейцин, аспарагин, аспарагиновая кислота, глютаминовая и тирозин — найдены уже в нескольких прорастающих растениях; образование их через разложение белковых тел, отложенных в семени в виде запасного материала, не подлежит сомнению.

Аспарагин найден в весьма многих растениях; в наибольшем количестве в прорастающих Leguminosae: Pisum, Phaselus, Vicia и преимущественно в Lupinus luteus; *лейцин* открыт *Горуп-Безанесом*[19] в проростках Vicia вместе с аспарагином; им же открыты *глютаминовая кислота* и следы *тирозина* в соке, выжатом из прорастающей Vicia; *Шульце* и *Барбьери*[20] нашли *глютаминовую кислоту* (3,86%) и небольшое количество аспарагина, лейцина и тирозина в прорастающей тыкве.

Между продуктами разложения белковых тел в растении открыта *Шульцом*[21] *фениламидопропионовая кислота*[7*]; он нашел ее в прорастающем Lupinus; открытие это особенно интересно в том отношении, что оно с некоторой вероятностью указывает на присутствие в растении *тиролейцина*[8*]. *Шютценбергер*, открывший тиролейцин между продуктами разложения альбумина, рассматривает его за соединение амидовалериановой кислоты (найденной им между продуктами разложения альбумина) с телом состава $C_9H_{11}NO_2$, присутствие которого ему открыть не удалось. Состав этот оказался вполне подходящим к фениламидопропионовой кислоте, найденной *Шульцем* в Lupinus.

---

[18] *Chlasivetz u. Habermann.* Ann. d. Chem. Pharm. 169, 150.

[19] *Gorup Besanez.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1877; 780.

[20] *Schulze u. Barbieri.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1877; 199 и 1878; 710 и 1233. (Just. Jahrebs. 1878; 551).

[21] *Schulze.* Chem. Centr. 1882; 89. (Tageblatt d. Naturf. Vers. z. Salzburg. 1881, 83).

Из продуктов разложения белковых тел обстоятельнее всего исследован в растениях аспарагин. Присутствие его во многих Papilionaceae было открыто еще в 1805 г. *Вокеленом* и *Робике*[22]. Первые указания на важное значение аспарагина в жизни растения сделаны были *Гартигом*[23]; он первый обратил внимание на то, что аспарагин, представляя тело хорошо кристаллизующееся, гораздо легче коллоидальных белковых тел проникает сквозь оболочки клеток и может поэтому служить средством для удобного и быстрого перемещения по тканям растений азотистых соединений. Последующие исследования подкрепили высказанное *Гартигом* предположение; оказалось к тому же, что из аспарагина могут вновь быстро восстановляться в растении белковые тела.

Следующие числовые данные свидетельствуют о значительном накоплении аспарагина в прорастающих растениях сем. Papilionaceae.

По определению *Десена* и *Шотара*[24], в 1 л сока прорастающего

Pisum sativum	оказалось 9 г аспарагина
Vicia Faba	» 14 г »
Phaseolus multiflorus	» 5,6 г »
Vicia sativa	» 9,2 г »

Количество аспарагина в Lupinus luteus *Бейер*[25] нашел равным 15% сухого вещества растения; *Шульце* и *Умлауфт*[26] находили до 20% аспарагина. Аспарагин всегда встречается растворенным в клеточном соке. Количество его оказывалось иногда столь значительным, что, по мнению *Пфеффера*[27], он должен был находиться в растении в виде пресыщенного раствора.

На основании микрохимических исследований *Пфеффер* заключает, что из всех тканей всего богаче аспарагином сердцевина и паренхима коры. Присутствие его легко обнаружить, погружая разрез в каплю крепкого спирта; на поверхности разреза и в окружающей жидкости появляются кристаллы аспарагина.

Превращения углеводов. Превращения, которым подвергается крахмал, отложенный в семени в виде запасного материала, с точностью еще не определены. *Сакс* и большая часть физиологов предполагают, что крахмал под влиянием диастаза превращается в декстрин и глюкозу, из которой непосредственно строится целлюлозная оболочка клеток; другие, например *Детмер*, утверждают, что клетчатка выделяется из плазмы через распадение сложной частицы белка на кислотные амиды или амидные кислоты и на безазотистое тело; из последнего и образуется, по их мнению, клетчатка; согласно этому представлению, крахмал сперва входит в состав частицы белка, соединяясь с вышеназван-

[22] *Vauquelin et Robiquet.* Ann. d. Chimie, 57, 88 (1805).
[23] *Hartig.* Entwickelungsgeschichte d. Pflanzenkeims. 1858, p. 127 (in: B. Z 1878, 803).
[24] *Dessaignes et Chautar.* Journ f. pract. Chem. 45; 50.
[25] *Beyer.* Land. Vers. 9, 168 (1867).
[26] *Schulze u. Umlauft.* Land. Vers. 18; 1 (1871).
[27] *Pfeffer.* Pringsh. Jahrb. 8; 429 (1872).

ным азотистым продуктом, и затем уже через диссоциацию частицы белка образуется клетчатка.

Различие мнений существует и относительно продуктов превращения крахмала; присутствие декстрина не всеми признается в прорастающих растениях; не выяснились также вполне изменения, которым подвергается крахмал под влиянием диастаза; по исследованиям *Дюбренфо*[28], подтвержденным *Шульце*[29] и *Сюлливаном*[30], из крахмала не получается непосредственно глюкозы; они принимают, что диастаз превращает крахмал предварительно в особенное сахаристое вещество *мальтозу*, из которой впоследствии образуется виноградный сахар. Не решено также окончательно, в виде какого соединения перемещается крахмал по тканям растения. Обыкновенно принимают, что он передвигается в виде глюкозы; ввиду, однако, невозможности доказать присутствие сахара или декстрина при прорастании некоторых семян (например, маслянистых семян Cannabis sativa, Brassica Napus oleifera и Papaver somniferum) *Детмер*[31], *Саксе* и *Бейер* предполагают, что частицы запасного крахмала передвигаются по тканям прорастающего растеньица не иначе, как распавшись предварительно на более простые и мелкие частицы муравейного альдегида, из которых в местах новообразований происходят вновь через полимеризацию частицы углеводов.

Превращения жиров. Сведения о химическом метаморфозе жиров при прорастании весьма отрывочны. Обыкновенно содержание жиров во время прорастания убывает. По наблюдениям *Гельригеля*[32], в некоторых растениях (например, рапсе) в первое время прорастания количество жиров не только не уменьшается, но даже несколько увеличивается. Подобную же временную прибыль в содержании жиров наблюдал *Мюнц*[33] в прорастающем маке, он определял при этом отдельно количество жиров и свободных жирных кислот; по мере убыли жиров количество свободных жирных кислот возрастало; очевидно, что жиры распадались на жирные кислоты и глицерин. Тем характернее показание *Мюнца*, что, в то время как жирные кислоты постепенно накоплялись в растении, ему никогда не удавалось открывать присутствие глицерина; последний, по-видимому, подвергался разложению по мере его образования.

Прорастание в темноте и на свету. Если вести прорастание при обыкновенных условиях на свету, то вскоре растеньице начинает ассимилировать сырую пищу, и дальнейшее развитие его происходит частью на счет запасного материала, частью же на счет органических соединений, вырабатываемых самим растеньицем. К процессам питания готовыми органическими соединениями присоединяются диаметрально противо-

---

[28] *Dubranfaut*. Ann. Chim. Phys. S. 3. T. 21; 178 (1847).
[29] *Schulze*. Ber. d. d. Chem. Ges. 7; 1047 (1874).
[30] *Sullivan*. Just. Jahresb. 1876; 785.
[31] *Detmer*. Physiol. Unters. ü. d. Keimung ölhaltiger Samen. Habilitationschrift. 1875. (Just. Jahresb. 1875; 853).
[32] *Hellriegel*. Journ. f. pract. Chem. 1865; B. 1; 94.
[33] *Müntz*. Ann. Chim. Phys. S. 4. T. 12; 472.

положные процессы *ассимиляции* сырой пищи. Поэтому для изучения питания одними запасными органическими соединениями необходимо заставлять прорастать семена в темноте. Развитие проростка в последнем случае зависит исключительно от количества запасного материала семени; потратив его, оно перестает расти и отмирает. Имея в виду проследить в настоящей главе преимущественно эти процессы питания, я остановлюсь прежде всего на исследованиях прорастания в темноте и затем уже перейду к прорастанию на свету.

Прорастание в темноте

Первые опыты над химическими процессами прорастания принадлежат *Соссюру*; из них уже выяснилось, что в отсутствие кислорода прорастание не происходит. Семена, введенные в воду, предварительно тщательно прокипяченную, или в газ, не заключающий кислорода, не прорастали. Обнаружившееся прорастание прекращалось при перенесении растеньица в атмосферу, лишенную кислорода. *Соссюру* также удалось показать, что одновременно с поглощением кислорода выделяется проростками углекислота и отчасти вода. Сопровождаемые этим обменом газов химические метаморфозы выяснены последующими исследователями в значительной степени не только с качественной, но и с количественной стороны. Особенный интерес в этом отношении представляют исследования *Бусенго, Саксе* и *Детмера* над крахмалистыми семенами гороха, маиса и боба и работы *Петерса, Лясковского* и *Шульца* над маслянистыми семенами тыквы.

Прорастание крахмалистых семян. Бусенго[34] нашел, что при прорастании в темноте растеньице обнаруживает весьма значительную убыль твердого вещества; вес проросшего в темноте растеньица, высушенного при 100° С для удаления механически задерживаемой воды. оказался приблизительно в 2 раза меньше веса не проросшего еще семени (тоже высушенного при 100° С).

1-й опыт

10 семян гороха (высушенных при 100° С)	весили	2,237 г
10 выросших проростков	»	1,076 г

Потеря в весе равнялась 1,161 г, т. е. 51,9%.

2-й опыт

46 семян пшеницы	весили	1,665 г
46 выросших проростков	»	0,712 г

Потеря в весе равнялась 0,953 г, т. е. 57%.

3-й опыт

Семя маиса	весило	0,5292 г
Выросший проросток	»	0,2900 г

Потеря в весе равнялась 0,2392 г, т. е. 45%.

[34] *Boussingault.* Agronomie, Chimie agricole et physiolog. T. 4, p. 245 (1868).

4-й опыт

Семя боба	весило	0,926 г
Выросший проросток	»	0,566 г

Потеря в весе равнялась 0,360 г, т. е. приблизительно 30%.

Для достижения точных результатов при сравнительных опытах семена выбирались по возможности одинаковые по весу, форме и цвету. Одни непосредственно высушивались и взвешивались и служили указанием количества твердого вещества в семени, другие же были выращиваемы в темноте и взвешивались по окончании прорастания.

С первого взгляда убыль твердого вещества при прорастании может показаться по меньшей мере странной, так как проросшее растеньице занимает нередко объем, превосходящий семя в несколько десятков раз. Более же близкое расследование строения семени и растеньица весьма наглядно разъясняет причину убыли в весе растеньица; семя до прорастания представляет весьма плотную консистенцию вследствие того, что все клетки как белка, так и зародыша переполнены твердыми запасными веществами; в конце прорастания, напротив того, они оказываются занятыми водянистым клеточным соком, заключенным в тончайший слой периферической плазмы. Твердое вещество в семени, скученное в виде плотной массы, по окончании прорастания представляется, следовательно, сильно разрыхленным и распределенным на большем пространстве. Поэтому неудивительно, что растеньице, несмотря на значительную потерю твердого вещества, в конце прорастания может занимать объем, гораздо больший семени.

Второе обстоятельство, требующее разъяснения, заключается в том, что с понятием питания неразрывно связывается представление об увеличении веса организма на счет принятой и усвоенной пищи. При прорастании же в темноте получается, напротив того, убыль в весе семени, достигающая 50% и более. Нетрудно, однако, убедиться, что противоречие в данном случае только кажущееся; растет и питается не все семя, а сравнительно лишь малая его часть: в белковом семени — зародыш, в безбелковом же — только осевая часть зародыша, весьма незначительная по массе сравнительно с мясистыми семядолями, заменяющими белок. Если, руководствуясь вышеизложенными соображениями, мы будем иметь в виду изменение в весе твердого вещества не всего семени, а только разрастающейся его части, то окажется, что в ней при прорастании вес твердого вещества увеличивается, т. е., другими словами, происходит процесс питания в том виде, в котором его обыкновенно понимают.

Убедившись в убыли веса твердого вещества при прорастании, предстояло решить, какие элементы преимущественно теряет растение и в виде каких соединений они выделяются из растения. Разрешением этого вопроса также обязаны *Бусенго*[35]; он произвел элементарный

[35] *Boussingault.* L. c.

органический анализ семени и проросшего в темноте растения и показал, что убыль в весе твердого вещества обусловливается потерей углерода, водорода и кислорода, из которых два последних выделяются в количествах, соответствующих приблизительно составу воды; содержание азота оказалось неизмененным, за исключением только опыта с горохом; но в этом случае потеря азота объясняется тем, что некоторые из растеньиц перешли уже отчасти в разложение до конца опыта.

Результаты ясно выражены в прилагаемой табличке.

	Вес семян	C	H	O	N	Зола
Опыт первый						
10 семян гороха	2,237	1,040	0,137	0,897	0,094	0,069
10 растений »	1,076	0,473	0,065	0,397	0,072	0,069
Разность	1,161	0,567	0,072	0,500	0,022	0,000
Опыт второй						
46 семян пшеницы	1,665	0,758	0,095	0,718	0,057	0,038
46 растений »	0,722	0,293	0,043	0,282	0,057	0,038
Разность	0,953	0,465	0,052	0,436	0,000	0,000
Опыт третий						
Семя маиса	0,5292	0,2355	0,0337	0,2422	0,0086	0,0096
Растение »	0,2900	0,1448	0,0195	0,1350	0,0087	0,0100
Разность	0,2392	0,0907	0,0142	0,1070	0,0001	0,0004
Опыт четвертый						
Семя боба	0,926	0,4069	0,0563	0,3762	0,0413	0,0456
Растение »	0,566	0,2484	0,0331	0,1981	0,0408	0,0456
Разность	0,360	0,1585	0,0232	0,1781	0,0005	0,0000

Последующие разыскания подтвердили результаты *Бусенго*. Интересное дополнение к вышеприведенным анализам представляет исследование *Бусенго*[36] над метаморфозами и содержанием некоторых органических соединений в маисе, проросшем в темноте.

Сравнительный состав семян и проросших растений представлен в следующей табличке (в г):

[36] *Boussingault*. L. c.

	Вес сухого вещества	Крахмал и декстрин	Глюкоза и сахар	Масло	Клетчатка	Белковые соединения	Минеральные части	Вещества неопределенного состава
				Опыт первый				
22 семени маиса	8,636	6,386	–	0,463	0,516	0,880	0,156	0,235
22 выросших растения	4,529	0,777	0,953	0,150	1,316	0,880	0,156	0,297
Разница	−4,107	−5,609	+0,953	−0,313	+0,800	0,000	0,000	+0,062
				Опыт второй				
Семя маиса	0,489	0,362	–	0,026	0,029	0,050	0,009	0,013
Проросшее растение	0,300	–	0,129	0,005	0,090	0,050	0,009	0,017
Разница	−0,189	−0,362	+0,129	−0,021	+0,061	0,000	0,000	+0,004

Этими цифрами удалось *Бусенго* весьма наглядно показать, что убыль в твердом веществе сводится к потере крахмала и масла; несмотря на убыль в весе, приблизительно равную 50%, в растеньице обнаружилось между тем значительное новообразование глюкозы и клетчатки, происшедшее, по всему вероятию, на счет крахмала и декстрина семени.

Определение азота привело *Бусенго* к выводу, согласному с прежними опытами; количество его и здесь пребывало неизменным. Результаты, полученные *Бусенго* касательно азота при прорастании, подтвердились исследованиями *Саксе* над горохом и *Леклерка*[37] над ячменем. В их опытах содержание азота тоже оставалось постоянным. *Леклерк* проверил этот результат двумя различными приемами: сравнительным элементарным органическим анализом семян и растений, а также анализом воздуха, в котором прорастали семена; для этой цели семена были оставлены в замкнутом определенном объеме воздуха, в котором содержание азота было известно; оно оказалось не изменившимся и по окончании прорастания.

Этого вывода придерживаются и в настоящее время, несмотря на диаметрально противоположные указания *Шульце*[38] и *Карстена*[39]; исследуя каждый в отдельности прорастание Phaselus multiflorus, они оба нашли весьма значительную убыль в азоте. Хотя из чтения их статей и невозможно с достоверностью заключить о причине полученного противоречивого результата, тем не менее, однако, весьма вероятно, что он был обусловлен начавшимся разложением растений; бобы были выращиваемы в дистиллированной воде, в которой корни весьма легко

[37] *Leclerc.* C. R. 80, 26 (1875).
[38] *Schröder.* Land. Vers. 10; 493 (1868).
[39] *Karsten.* Land. Vers. 13; 193 (1870).

приходят в гниение, причем, как известно, может выделяться азот в свободном состоянии или в виде аммиака. Кроме того, в работе *Карстена* количество азота не было определено зараз во всем растении, но получалось в виде суммы целого ряда определений азота по органам; представляя, таким образом, величину, зависимую от многих определений сухого вещества, а также и азота, оно является в значительной степени условным.

Прорастание крахмалистых семян было расследовано еще *Саксе*[40] над горохом и *Детмером*[41] над горохом и маисом. *Саксе* поставил себе главной задачей 1) выяснить количество углерода, водорода и кислорода, выделяемых при прорастании в темноте, и 2) определить соотношение между убылью крахмала и количеством углерода, выделенного проростком в виде углекислоты. Для этого, с одной стороны, он произвел ряд элементарных анализов семян и проросших растений, а с другой — определял непосредственно содержание крахмала, клетчатки и некоторых других органических соединений. Проросшие растеньица гороха были подвергнуты анализу в два срока; в первый раз спустя 114 часов после начала прорастания, когда длина всего растения (стебля и корня) равнялась приблизительно 2,5 см; во второй раз — через 184 часа после начала прорастания. К этому времени развитие осевых частей уже значительно подвинулось вперед, появились разветвления корня и стеблевая почка начинала уже распускаться. По отношению к первому вопросу получился результат, выраженный *Саксе* для обоих исследованных периодов прорастания следующими цифрами: ${}_{1}C$ ${}_{0,67}H$, ${}_{0,79}O$ — для первого периода и ${}_{1}C$, ${}_{1,2}H$, ${}_{0,79}O$ — для второго периода; поставленные перед буквами С, Н и О цифры обозначают относительные количества выделенных органогенов. Отношение потери углерода и кислорода оказалось одинаковым в оба периода равнялось (10 : 8), между тем количество выделенного водорода возросло значительно во втором периоде.

Различие убыли водорода и кислорода с числами, полученными для гороха *Бусенго*, обусловливается, по всему вероятию, тем, что в опыте *Бусенго* прорастание длилось месяцами (в опыте с горохом четыре месяца), между тем как *Саксе* прекращал прорастание через 184 часа.

Касательно второго вопроса, поставленного *Саксе*,— о соотношении количества углерода, выдыхаемого растением в виде углекислоты, и убылью крахмала удалось выяснить, что из 12 атомов углерода исчезнувшего крахмала 10 выделяются в виде углекислоты, остальные 2 удерживаются растением в виде соединений, отличных от крахмала. В самом деле, в продолжение первого периода убыло 4,34 г крахмала, содержащего 1,93 г углерода; в продолжение второго периода убыло 4,67 г крахмала, содержащего 2,09 г углерода; в продолжение первого было выделено в виде углекислоты 1,61 г углерода, в продолжение второго — 1,73 г углерода.

Отношения между количествами углерода исчезнувшего крахмала и

[40] *Sachsse.* Ueb. einige chem. Vorgänge b. d. Keimung von Pisum sativum. Habilitationsschrift. 1872 (Leipzig).

[41] *Detmer.* Vergl. Physiol. d. Keimungsprocesses, p. 329. 1880.

углерода углекислоты выразились, следовательно, для первого периода цифрами 1,93 г С : 1,61 г С=12 С : 10,01 С; для второго периода цифрами 2,09 г С : 1,73 г С=12 С : 9,93 С.

Дальнейшие заключения *Саксе* о характере распадения частицы крахмала, основанные отчасти на полученных числовых данных, отчасти на теоретических соображениях, не выдерживают, по моему мнению, критики. Он старается доказать, что крахмал распадается согласно уравнению



$$C_{12}H_{10}O_{10}=C_{10}+O_8+H_{10-x}+C_2H_xO_2;$$

в соединении, изображенном формулой $C_2H_xO_2$, он предполагает метил-альдегид, полимеризующийся будто впоследствии в клетчатку. Хотя отношение количества вновь образованной клетчатки и исчезнувшего крахмала близко подходит к цифрам, требуемым формулой *Саксе*, тем не менее выводимое им заключение о происхождении клетчатки из крахмала остается недоказанным; из приложенных таблиц анализов (см. с. 37) легко заметить, что семена гороха содержали, кроме крахмала, значительное количество декстрина и что убыль последнего во время прорастания с избытком покрывает количество новообразованной клетчатки, вследствие чего остается нерешенным, которому из этих двух соединений обязана своим происхождением клетчатка. Из остальных результатов *Саксе* интересно указание на совершенное отсутствие глюкозы в расследованный им период прорастания гороха.

В работе *Детмера* заслуживает внимания определение отношения веса всего исчезнувшего из семени твердого вещества к убыли крахмала; из числовых данных, заимствованных у *Саксе*, отношение это в среднем выводе равно 1 : 1,22.

Детмер[42] получил цифры сходные; для гороха отношение его оказалось равным 1 : 1,19, для маиса 1 : 1,16.

Прорастание маслянистых семян. Прорастание маслянистых семян в темноте исследовано также довольно обстоятельно. *Гельригель*[43] в 1855 г. напечатал подробную работу над прорастанием Brassica Napus oleifera; хотя семена и прорастали на свету, но полученные результаты могут быть приравнены выращиванию в темноте, так как опыт был прекращен к тому времени, когда семядоли начинали зеленеть. В продолжение этого времени *Гельригель* определял состав растений в три приема, через промежутки времени приблизительно одинаковые. Он расследовал не только элементарный состав и содержание главнейших органических соединений, но и обмен газов растений с окружающей атмосферой.

При прорастании рапса обнаружилась столь же значительная убыль в весе твердого вещества, как и у остальных растений; посредством элементарного анализа *Гельригель* нашел, что убыль в весе обусловливалась потерей углерода и водорода; количество азота, напротив того, оставалось совершенно постоянным, как в вышеописанных опытах над

---

[42] *Detmer.* L. c., p. 530 и 531.
[43] *Hellriegel.* Journ. f. pract. Chem. 64; 94 (1855).

крахмалистыми семенами; отличие от последних проявилось только в том, что содержание кислорода не только не уменьшалось, но даже несколько возрастало по мере прорастания.

Различие это, как увидим ниже, легко объясняется химическими изменениями, которым подвергаются при прорастании жиры, отложенные в виде запасного материала.

Из результатов *Гельригеля*, относящихся до содержания и химических метаморфоз органических составных частей, вполне выяснен только один, именно убыль жира по мере прорастания; остальные же представляются более или менее гадательными. К последним относится, по моему мнению, и уверение *Гельригеля*, что в первое время прорастания получилась не убыль, а прибыль в твердом веществе. Вес сухого вещества не был непосредственно определен, а выведен из сложения весов отдельных органических соединений. Ввиду несовершенства приемов количественного определения органических соединений я и не остановился бы на этом выводе, если бы в последнее время *Детмер*[44] не воспроизвел его в своем обширном труде «прорастаний», подкрепляя собственными наблюдениями.

Детмер приписывает прибыль в весе твердого вещества в самом начале прорастания поглощению жирами кислорода; он подтверждает *Гельригеля* касательно временной прибыли жира в первые дни прорастания рапса; 100 г семян рапса заключали 42,45 г жира; семена, начавшие прорастать, убыли в весе в четыре дня со 100 на 95,23 г и содержали 42,91 г жира. Доказательств прибыли твердого вещества *Детмер* не приводит; напротив того, в означенном опыте обнаружилась значительная убыль твердого вещества в первые четыре дня прорастания. Числовые данные *Детмера* требуют еще тщательной проверки ввиду небольшой разницы в содержании жира семян и проростков. Незначительная прибыль жиров могла быть обусловлена случайным преобладанием жира в порции семян, подвергнутой прорастанию, сравнительно с семенами, исследованными на жиры до прорастания.

Специальные исследования над превращениями жиров в прорастающих маслянистых семенах мака и рапса произведены *Мюнцем*[45]; в них обнаруживалась постепенная убыль жира; по мере того как убывал жир, в растеньице накоплялись в первое время прорастания свободные жирные кислоты. *Мюнц* заключил отсюда о распадении жира на свободные жирные кислоты и глицерин, несмотря на то что ему ни разу не удалось открыть в растеньице присутствия глицерина; последнее обстоятельство он приписывает, однако, немедленному разложению глицерина по мере его образования. Извлечение жира производилось эфиром. Количество жира в растении определялось взвешиванием высушенного при 110° С жира; содержание в нем свободных жирных кислот получалось посредством обработки жира абсолютным спиртом или же обмыливанием гашеной известью по способу *Пелуза*; свободные кислоты, легко растворимые в спирту, переходили немедленно в раствор, между

[44] *Detmer*. Vergleich. Physiol. d. Keimungsprocesses, p. 337 (1880).
[45] *Müntz*. Ann. Chim. Phys. S. 4. T. 22; 472 (1871).

тем как неразложенный жир со спиртом не смешивался. При обмыливании известью оказывалось тем большее количество кислот в определенном весе жира, чем позже он был извлечен из прорастающего растения; в некоторых случаях почти весь жир состоял из свободных жирных кислот. Подтверждением сказанного могут служить следующие числовые данные:

	Жир, г	Свободные жирные кислоты, г	Содержание жирных кислот, %
20 г семян мака заключали	8,915	0,975	10,93
20 г растений мака заключали после 2-дневного прорастания в темноте	6,815	3,640	53,41
20 г растений мака заключали после 4-дневного прорастания в темноте	3,900	3,770	96,92
20 г семян Brassica Napus oleifera заключали	8,540	0,946	11,07
20 г растений Brassica Napus oleifera заключали после 3-дневного прорастания в темноте	5,235	3,642	69,56
20 г растений Brassica Napus oleifera заключали после 5-дневного прорастания в темноте	3,700	3,628	98,05

Дальнейшее изменение жирных кислот при прорастании состоит, по *Мюнцу*, в постепенном окислении и превращении их через целый ряд промежуточных реакций в углеводы. Определить эти постепенные стадии окисления жирных кислот ему, однако, не удалось; тем не менее он убедился рядом элементарных анализов жира, что чем позже жирные кислоты были извлечены из растения, тем больше содержали они кислорода.

В прилагаемой табличке сведены полученные числовые данные.

	До прорастания	После 2 дней прорастания	После 6 дней прорастания	После 10 дней прорастания
	Жирные кислоты рапса			
Углерод	76,67	74,60	74,17	73,85
Водород	11,78	11,43	11,50	11,31
Кислород	11,55	13,97	14,33	14,84
	100,00	100,00	100,00	100,00
	Жирные кислоты мака			
Углерод	75,94	–	75,03	74,52
Водород	11,65	–	11,29	11,09
Кислород	12,41	–	13,68	14,39
	100,00	–	100,00	100,00

В настоящее время не подлежит сомнению, что жиры доставляют материал для образования углеводов в прорастающем растении, хотя самый ход превращения еще остается невыясненным. *Сакс* указал микрохимическим путем на появление крахмала в проростках растений, семена которых до прорастания не заключали и следа этого углевода.

Впоследствии образование крахмала при прорастании подтверждено было и макрохимическими исследованиями. *Петерсом* был найден крахмал в прорастающей тыкве; *Детмером*[46] — конопле, проросшей в темноте; в этом растеньице из углеводов *Детмер* нашел только крахмал, ни сахара, ни декстрина оно не заключало.

Прорастание семян Lupinus. Весьма обстоятельное исследование над прорастанием в темноте Lupinus luteus произвели *Урих*, *Шульце* и *Умлауфт*[47]. По химическому составу семена Lupinus занимают особенное место; они содержат всего около 7,5% жира, но в то же время и не заключают вовсе крахмала; его заменяют безазотистые вещества неопределенного состава (около 16,5%) и декстринообразные (10%); семена Lupinus почти наполовину (45%) составлены из белковых тел, которые *Шульце* и *Умлауфт* приравнивают конглутину (Ритхаузена), они содержат, кроме того, значительные количества амидов (около 11,5%), кислот (до 2%), преимущественно лимонной, и алкалоиды. Ввиду особенности их состава исследование под прорастанием Lupinus излагается здесь отдельно от остальных растений.

При прорастании Lupinus luteus обнаружилась также значительная потеря в весе твердого вещества, обусловленная убылью углерода и водорода; количество же азота оставалось без перемены. Особенно обстоятельному исследованию были подвергнуты *Шульцем* и *Умлауфтом* метаморфозы белковых тел, преимущественно аспарагин, накопление которого уже раньше было обнаружено в проростках Lupinus *Гартигом* и *Пфеффером.* Ранее были приведены цифры, свидетельствующие о чрезвычайно большом содержании аспарагина в Lupinus в тех случаях, когда прорастание его ведется в темноте.

В конце второго периода прорастания 63,5% азота конглутина оказалось перешедшим в аспарагин. В 15-дневных проростках аспарагин составлял $^1/_4$ веса всего сухого вещества[48]. Количественное определение аспарагина было произведено двумя путями: по способу *Саксе* и *Кормана*[49] аспарагин был разложен посредством соляной кислоты на аспарагиновую кислоту и аммиак, и содержание его вычислено из количества выделявшегося аммиака, собранного в титрованной серной кислоте. Кроме того, он был выделен в кристаллах; полученные этими различными путями числа оказались весьма близкими. Кроме аспарагина, замечены были еще и другие амидные тела, но разъяснение химического состава их, однако, не удалось.

В близкой связи с разложением белковых тел оказалось образование серной кислоты; количество ее по мере прорастания постоянно возрастало[50]. Ее удалось выделить, выщелачивая по возможности семена и проростки теплой водой; полученная вытяжка, подкисленная соляной

[46] *Detmer.* Vergl. Physiologie d. Keimungsprocesses, p. 337.
[47] *Urich, Schulze u. Umlauft.* Land. Tahrb. 5; 821 (1876).
[48] *Schulze.* L. c., p. 850.
[49] *Sachsse u. Kormann.* Land. Vers. 17; 321 (1874).
[50] *Schulze.* Land. Vers. 19; 172 (1876) и его же: Land Jahrbüch. v. Natusius u. Thiele. 1878, p. 411.

кислотой для осаждения белковых тел, была подвергнута фильтрованию; из фильтрата серная кислота осаждалась хлористым барием.

В 100 частях сухого вещества семян было найдено	0,385	частей	SO_3
Проростки из соответствующего количества семян заключали:			
на 7-й день прорастания	0,619	частей	SO_3
на 12-й день прорастания	1,234	»	»
на 15-й день прорастания	1,323	»	»
Или, другими словами, в первые 7 дней прорастания было образовано	0,234	»	»
в 12 дней прорастания было образовано	0,849	»	»
в 15 дней прорастания было образовано	0,938	»	»

Из сравнения полученных величин с количествами разложенного конглутина *Урих, Шульц* и *Умлауфт* нашли между ними весьма близкое соответствие и сочли вероятным образование серной кислоты из этого соединения; окончательно доказать это им, однако, не удалось, так как только часть серы семян принадлежала конглутину; количество же серы, заключенной в других неопределенных соединениях, было настолько значительно, что вполне могло покрывать расход серы на образование серной кислоты.

Примечание. Противоречивые показания сделаны были *Келнером*[51]; по его наблюдениям, при прорастании Pisum sativum содержание серной кислоты убывает; в последнее время *Келнер*[52] признал свой вывод ошибочным.

Жиры и декстринообразные тела быстро убывали при прорастании; уже по прошествии первых дней прорастания декстринообразные соединения исчезли бесследно. Безазотистые неопределепные соединения вначале значительно уменьшились, а затем количество их вновь увеличилось. Содержание глюкозы никогда не оказывалось значительным; образование клетчатки, слабое в первые дни, возрастало по мере прорастания.

Главнейшие результаты работы *Уриха, Шульца* и *Умлауфта*[53] сведены в прилагаемой таблице (см. с. 165).

Прорастание на свету

Прорастание семян на свету отличается во многих существенных чертах от прорастания в темноте; на свету растеньица, сбросив семенную кожуру, зеленеют; рост их не зависит от запаса пластического материала семени; израсходовав его, они продолжают расти на счет органических соединений, которые приготовляют сами из сырой пищи, почерпая их из окружающей среды. Растеньица, проросшие на свету, резко отличаются от проросших в темноте не только зеленым цветом,

[51] *Kellner.* Land. Vers. 17; 408 (1874).
[52] См.: Phytochemische Unters, herausgegeb. v. Sachsse 1; 53.
[53] *Urich, Schulze, Umlauft.* L. c., 848.

	100 частей сухого вещества семян содержали	Выросшие проростки в конце первого периода содержали	Выросшие проростки в конце второго периода содержали	+ и — в конце второго периода прорастания
	Соединения, нерастворимые в воде			
Сухое вещество	100	87,40	81,70	–18,30
Конглутин	40,32	21,40	10,25	–30,07
Жир	7,35	3,95	2,08	–5,67
Клетчатка	3,24	4,13	6,47	+3,23
Безазотистые вещества неопределенного состава	16,44	9,09	12,67	–3,77
Минеральные соединения	0,93	0,45	0,56	–0,37
	Соединения, растворимые в воде			
Альбумин	1,50	3,53	1,41	–0,09
Конглутин	3,25	0,00	0,00	–3,25
Аспарагин	0,00	9,78	18,22	+18,22
Декстринообразные углеводы	10,02	0,00	0,00	–10,02
Глюкоза	0,00	4,51	2,10	+2,10
Лимонная кислота (и яблочная)	1,92	–	0,57	–1,35
Амиды, алкалоиды и вещества неопределенного состава	– 11,66	27,08 –	– 23,97	– +12,31
Минеральные соединения	2,97 100,00	3,48 87,40	3,40 81,70	+0,43 –18,30
Количество белковых соединений	45,07	24,93	11,66	–33,41

но и формой; на прилагаемых рисунках Phaseolus разница обнаруживается чрезвычайно ясно. На рис. 38, *В* изображен боб, проросший на свету.

У боба, проросшего в темноте (рис. 38, *А*), надземные осевые части (междоузлия и черешки листьев) чрезвычайно удлинены, между тем как листовые пластинки гораздо меньше нормального размера; различие усиливается еще тем, что растения, проросшие в темноте, вовсе не образуют хлорофилла и имеют окраску желтоватую; стебель же и листья растения, проросшего на свету, ярко-зеленого цвета.

Замечательное уклонение оказалось, по моим наблюдениям [54], у некоторых растений, например у кресса, в развитии корней; при прорастании на свету подсемядольное колено достигало лишь незначительной длины, корень же разрастался в первые дни прорастания гораздо сильнее, чем в темноте; в отсутствие света обнаружилось обратное; подсемядольные колена получились длинные, между тем как корни настолько

[54] *Famintzin*. Mém. d. l'Ac. d. St. Petersb. 1865 и Mél. biolog. d. l'Ac. d. St. Pétersbourg. T. 8; 1873.

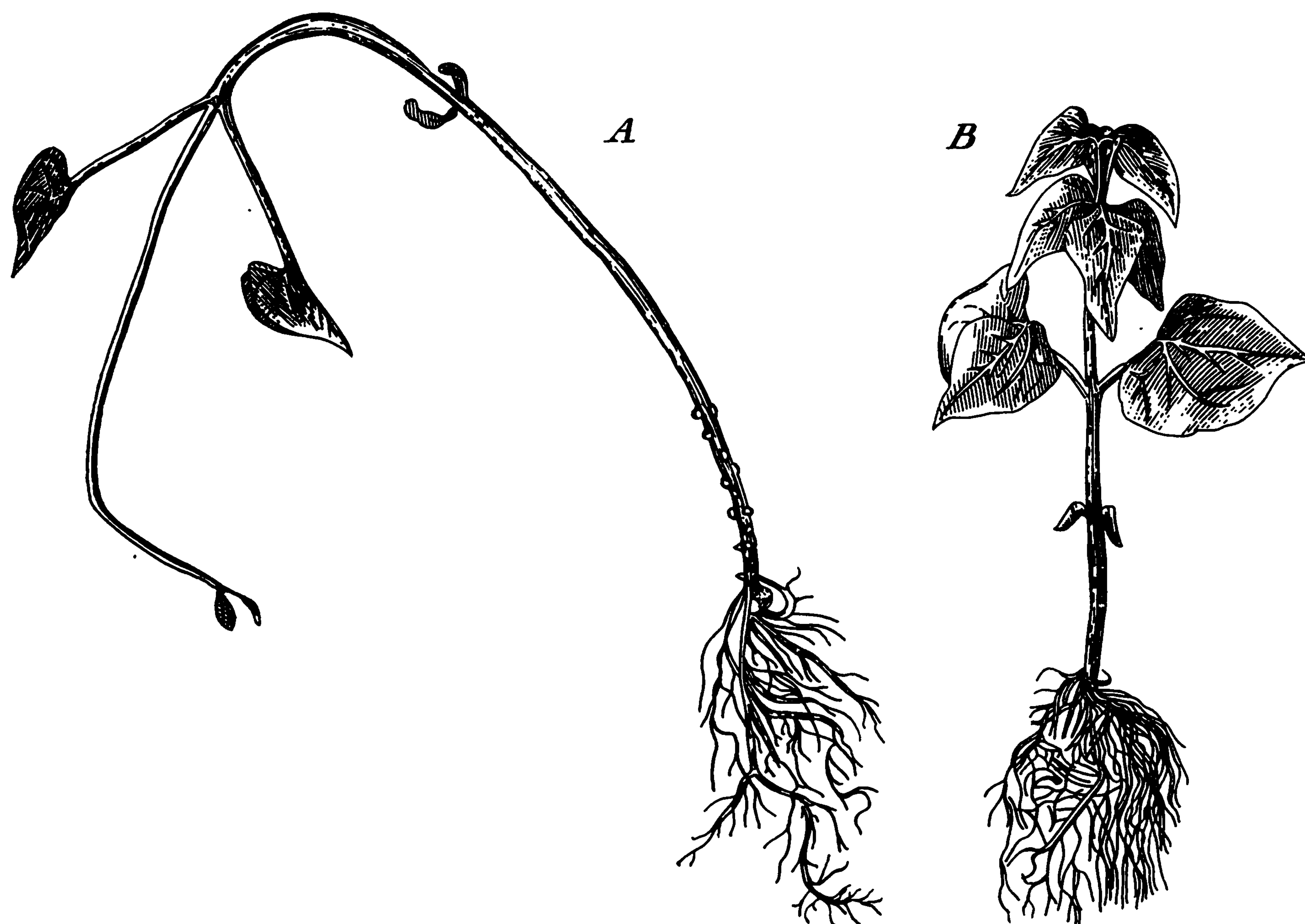


Рис. 38. *A* – боб, проросший в темноте (в 1/4 естественной величины), *B* – боб, проросший на свету (в 1/4 естественной величины)

были короче, что суммы длины подсемядольного колена и главного корня в первые дни прорастания (до появления вторичных корней) в обоих случаях получились приблизительно равные. Под влиянием света произошло, следовательно, иное распределение в проростке пластического запасного материала; при прорастании в темноте сравнительно большая часть его пошла на рост подсемядольного колена, на свету, напротив того, он расходовался преимущественно на разрастание корня. Нижеследующая табличка, заключающая средние числа из 1120 измерений, весьма рельефно обрисовывает сказанное.

	Длина подсемядольного колена, мм		Длина корня, мм		Сумма длины подсемядольного колена и корня, мм	
	На свету	В темноте	На свету	В темноте	На свету	В темноте
4 сентября	10	19	38	36	48	55
5 сентября	16	38	60	47	76	85
6 сентября	21	49	81	57	103	106
7 сентября	27	59	100	62	127	121
8 сентября	29	74	123	58	152	132
9 сентября	33	73	145	63	178	136

Волков[55], а также и *Штрель*[56] изучали различие роста корней при совершенно другой постановке опытов: прорастающее растение вместе с корнем оставалось в темноте или же подвергнуто было действию света. Оба эти исследователя пришли к заключению, что при этих условиях корни более короткие получаются у проростков, оставленных на свету.

Годлевский верно заметил, что все вышеизложенные опыты имеют один весьма существенный недостаток: растеньица, предоставленные действию света, не были лишены возможности вырабатывать органические соединения из углекислоты и воды, вследствие чего проведение строгого сравнения их с этиолированными сделалось невозможным. Проверка этих результатов при условиях, указанных *Годлевским*[57], тем более желательна, что по отношению к Raphanus и Phaseolus получены *Годлевским* выводы, несогласные с описанными выше. (Подробнее об этом см. ниже, в главе III.)

По наблюдениям *Крауса*[58] и *Баталина*[59], междоузлия этиолированных растений тоньше нормальных. Различие формы органов отражается в их строении: в этиолированных растеньицах на поперечном разрезе кора, сердцевина и сосудистые пучки оказались построенными из меньшего числа рядов клеток; соответственно большей длине этиолированных междоузлий клетки достигали в них длины в 3—5 раз большей, чем на свету, и отличались весьма слабым утолщением оболочки.

По отношению к химической стороне прорастания также обнаружились довольно существенные различия.

1. *В содержании воды*: семядоли и листья этиолированных проростков заключают, по наблюдениям *Крауса* и *Годлевского*, меньший процент воды, чем проросшие на свету; подсемядольное колено и стебель этиолированных растений, напротив того, богаче водой.

2. *В содержании золы:* по этому предмету имеются пока только наблюдения *Годлевского* над проростками Raphanus. Из выращенных в земле растеньиц проросшие на свету оказались гораздо богаче золой; абсолютное количество ее в несколько раз превосходило вес золы этиолированных растений. Особенно резкое различие обнаружилось в семядолях: содержание золы в семядолях этиолированных растений равнялось 6—8%; в выросших на свету достигало 20% и более; соответственную разницу *Годлевский* нашел и в подсемядольном колене.

3. *В содержании аспарагина*: проросшие в темноте растеньица отличаются обильным содержанием аспарагина; различие это, весьма явственное у Lupinus и некоторых других растений, не составляет, однако, правила, общего для всех растений; так, например, разницы не замечается в проростках Pisum sativum. В настоящее время накопление аспарагина в отсутствие света объясняют следующим образом: аспарагин пред-

---

55 *Wolkoff.* Sachs Lehrb. d. Botanik. 1874; 808.
56 *Strehl.* Unters. üb. d. Längenwachsthum d. Wurzeln u. d. hypocot Gliedes. Inaug. Diss. Leipzig. 1874.
57 *Godlevski.* Bot. Zeit. 1879; 81.
58 *Kraus.* Pringsh. Jahrb. 7; 209 (1869).
59 *Batalin.* Mél. biol. de l'Acad. d. St. Pétersb. T. 7; 269 (1869).

ставляет один из главных продуктов распадения белковых запасных веществ; в виде аспарагина азотистые вещества перемещаются по растению. По исследованиям *Пфеффера* (см. ниже), растение может воспроизвести вновь из аспарагина и углевода белковые соединения; при содержании в семени большого запаса крахмала не обнаруживается недостатка в углеводах до конца прорастания, вследствие чего аспарагин постепенно перерабатывается в местах новообразований в белковые соединения и поэтому не накопляется в проростке; подобный случай представляет горох. В других растениях, например в Lupinus, где в семени запас безазотистых тел сравнительно незначителен, вскоре оказывается недостаток в углеводах; в отсутствие света, т. е. при устранении возможности новообразования углеводов из углекислоты и воды, восстановление белковых тел из аспарагина прекращается; пребывая без изменения, аспарагин по мере распадения белкового запасного материала накопляется в этиолированном проростке в громадном количестве; при прорастании же на свету содержание его в проростке остается незначительным, так как при содействии света происходит синтез углеводов, при посредстве которых аспарагин переводится в белковые тела.

4. *В обмене газов с окружающей средой*: по исследованиям *Пошона*[60] (см. ниже), различие это сказывается уже при пробуждении прорастания и обнаруживается к тому времени, когда корешок только начинает выступать из семени. *Пошону* удалось показать, что при начале прорастания на свету растеньица Phaseolus multiflorus и Ricinus communis гораздо больше поглощают кислорода и меньше выделяют углекислоты, чем в темноте. В прилагаемой табличке сведены полученные цифры.

Номера опытов	Название растений	Число семян	Вес всех семян, г	Объем поглощенного кислорода, см³		Объем выделенной углекислоты, см³		Отношение объемов углекислоты и кислорода CO_2/O	
				На свету	В темноте	На свету	В темноте	На свету	В темноте
1	Phaseolus multiflorus	5	10,10	162,18	–	83,65	–	0,514	–
2	Ricinus communis	10	1,93	–	71,38	–	41,91	–	0,586
3	Ricinus communis	15	2,80	121,71	94,39	70,38	72,79	0,578	0,771
4	Phaseolus multiflorus	4	6,00	53,13	37,36	43,72	42,54	0,823	1,138
5	Phaseolus multiflorus	5	12,7	–	179,35	–	185,45	–	1,034

NB. Черточками обозначены опыты, не давшие определенных результатов вследствие того, что не все семена проросли.

5. *В весе сухого вещества в конце прорастания*: особенно наглядно выяснилось различие в опытах *Бусенго*[61] над бобом при сравнительном

[60] *Pauchon*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 10; 179 (1880).
[61] *Boussingault*. Agronomie, Chim. agricole, Physiol. T. 4; 255. 1868.

выращивании семян на свету и в темноте в почве, лишенной питательных веществ; почвой служила пемза, предварительно прокаленная и смоченная дистиллированной водой.

	После 25-дневного прорастания		
	На свету, г	В темноте, г	
Из семени весом в	0,922		0,926
получилось растение, весившее после высушивания при 100° С	1,293		0,566
Прибыло в весе органического вещества	0,371	Убыло	0,360
Прибыло: углерода	0,1939	»	0,1585
водорода	0,0200	»	0,0232
кислорода	0,1575	»	0,1781

Несмотря на все вышеизложенные существенные отклонения в прорастании на свету и в темноте, общий характер обмена веществ является в обоих случаях одинаковым; главная отличительная особенность прорастания выразилась в преобладании питания запасными органическими соединениями над процессами синтеза, которые только постепенно входят на свету в свои права, по мере приближения прорастания к концу. Доказательством этого могут служить работы *Петерса* и *Лясковского* над прорастанием тыквы и *Флёри* — над прорастанием Ricinus.

Петерс[62] исследовал состав проросших на свету семян тыквы в три различных периода. Полученные результаты сведены в прилагаемой табличке. Результаты перечислены на 1000 растений (в г).

Составные части	Непроросшие семена	Проросшие растения		
		В первый период	Во второй период	В третий период
Жир	136,65	103,51	56,43	12,98
Сахар	Следы	3,81	9,48	12,80
Гумми	»	2,56	3,55	6,13
Крахмал	0,00	8,89	17,50	6,63
Клетчатка	8,34	9,33	12,23	21,20
Протеиновые тела	110,07	109,60	98,33	94,62
Минеральные составные части	14,08	14,14	14,57	18,06
Вытяжные, горькие, пектиновые вещества	6,86	22,96	33,01	43,48
Итого	276,00	274,80	245,10	215,90
Количество азота	17,39	17,31	15,53	14,94

[62] *Peters*. Land. Vers. 3; 1 (1861).

Следующая табличка представляет распределение этих соединений по органам в различные периоды прорастания (в г).

Прорастающие растеньица обнаруживали до конца опыта значительную убыль в весе твердого вещества, обусловленную главным образом разложением заключенного в семени жира; на счет жира происходило образование углеводов крахмала, клетчатки и гумми.

Из второй таблицы видно постепенное увеличение веса разрастающейся осевой части зародыша и отложение в нем твердых соединений запасного материала. Убыль в весе твердого вещества и здесь сводится главным образом на потерю углерода и водорода. Относительно азота получился результат неопределенный. Из таблицы первой видно, что количество азота уменьшилось с 17,39 до 14,94 г, т. е. почти на $^{1}/_{8}$ всего количества, т. е. около 12%, между тем на с. 15 *Петерс* рассматривает убыль азота как весьма незначительную, очевидно, желая согласить полученный результат с выводом *Бусенго*.

Составные части	Непроросшие семена	Растения в конце первого периода			Растения в конце второго периода			Растения в конце третьего периода		
		Семядоли	Подсемядольное колено	Корень	Семядоли	Подсемядольное колено	Корень	Семядоли	Подсемядольное колено	Корень
Жир	136,65	102,25	0,77	0,49	55,18	0,63	0,62	11,39	0,72	0,87
Сахар	Следы	2,12	0,80	0,89	7,15	0,94	1,39	10,12	1,84	0,84
Гумми	»	2,07	0,27	0,22	2,55	0,34	0,66	4,65	0,77	0,71
Крахмал	0,00	7,83	0,68	0,38	14,63	1,23	1,64	5,19	0,79	0,65
Клетчатка	8,34	7,05	1,06	1,22	7,32	1,63	3,28	12,34	3,34	5,52
Белковые тела	110,07	100,73	4,80	4,07	84,14	6,42	7,77	69,50	11,61	13,51
Минеральные составные части	14,08	12,12	1,20	0,82	11,20	1,73	1,64	12,25	2,98	2,83
Вытяжные, горькие, пектиновые и другие вещества	6,86	18,43	2,52	2,01	26,83	3,18	3,00	32,76	4,85	5,87
Итого	276,00	252,60	12,10	10,10	209,00	16,10	20,00	158,20	26,90	30,80
Количество азота	17,39	15,91	0,76	0,64	13,29	1,01	1,23	10,98	1,83	2,13

Исследования *Лясковского*[63] над прорастающей тыквой представили почти во всем полное подтверждение работ *Петерса* и показали, что содержание азота остается совершенно постоянным и при прорастании этого растения; по мнению *Лясковского*, убыль азота, полученная *Петерсом*, была вызвана каким-либо недосмотром с его стороны.

[63] *Laskowksy*. Land. Vers. 17; 219 (1874).

При исследовании прорастания клещевины *Флёри*[64] пришел к результатам, сходным с предыдущими: значительная убыль сухого вещества обусловливалась потерей углерода и водорода; количество азота не изменилось. К результатам, не подтвержденным другими исследователями, относится показание *Флёри* о выделении при нормальном прорастании летучих углеводородов. По всему вероятию, они получились у него вследствие гниения части семян, над которыми производились опыты.

Б. ОБМЕН ГАЗОВ РАСТЕНИЙ ПРИ ПРОРАСТАНИИ С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ (ДЫХАНИЕ ПРОРОСТКОВ)

Первые указания на обмен газов между прорастающими семенами с окружающей атмосферой принадлежат *Ролло*[65]. Главные же результаты касательно этого обмена, обозначаемого по аналогии с соответствующим отправлением животных названием *дыхания* растений, были получены *Соссюром*[66]. Он показал: 1) что при прорастании, особенно в темноте, растеньица поглощают из окружающей среды кислород и выделяют углекислоту; 2) что при нормальном ходе прорастания в темноте никакого другого обмена газов не обнаруживается; 3) что наблюдаемое в некоторых случаях выделение растеньицами водорода, азота и углеводородов происходит лишь в то время, когда исследуемые растения уже оказываются загнившими; наконец, 4) что объемы обмениваемых газов кислорода и углекислоты в большей части случаев равны; исключения из этого правила были, однако, уже известны *Соссюру*.

В настоящее время употребляются два приема для исследования дыхания растений. В первом случае изучают изменение, производимое растением в замкнутом объеме воздуха; во втором — переносят растение в аппарат, через который прогоняют беспрерывную струю воздуха, предварительно очищенного от углекислоты, и определяют количество выделенной растением углекислоты. При исследовании дыхания в замкнутом пространстве растение помещают обыкновенно в эвдиометрическую трубку, опрокинутую над ртутью. В начале опыта приводят ртуть в трубке и во внешнем сосуде к одинаковому уровню и измеряют объем заключенного в трубке газа, производя поправку на температуру и давление; дальнейшие манипуляции обусловливаются имеющимся в виду определением: поступают различно, смотря по тому, желательно ли узнать объем поглощенного кислорода, или выделенной углекислоты, или же объемы обоих обмениваемых газов.

В первом случае, измерив газ, заключенный с растением в эвдиометре, немедленно вводят небольшое количество раствора едкого кали; ввиду быстрого поглощения выделяемой углекислоты едким кали изменение в объеме газа обусловливается в данном случае исключительно поглощением кислорода, и разность объемов газа в начале и конце опыта представляет точное мерило поглощения кислорода.

[64] *Fleury*. Ann. Chim. Phys. S. 4; t. 4; 38 (1865).
[65] *Rollo*. Ann. d. Chim. 25; 37.
[66] *Saussure*. Recherches chimiques s. l. vegetation, c. 1 и след.

Если имеется в виду определение выделенной углекислоты, то опыт устанавливают вышеописанным образом с той только разницей, что не вводят едкого кали. Объем газа измеряют по окончании опыта и тогда только пропускают в трубку посредством пипеты едкое кали; если в трубке находилась углекислота, то объем газа будет уменьшаться, пока вся она не поглотится едким кали; разница объемов газа до введения едкого кали и после поглощения им углекислоты будет соответствовать объему выделенной углекислоты.

Для одновременного определения объемов поглощенного кислорода и выделенной углекислоты помещают растение в смесь газов известного состава (например, в воздух) и измеряют в начале опыта ее объем. По окончании опыта определяют сперва посредством едкого кали углекислоту; количество оставшегося кислорода узнают, вводя в трубку несколько раствора пирогалловой кислоты; образующееся в смеси с едким кали пирогалловокислое кали быстро поглощает весь кислород. Разница в объеме газа до и после введения пирогалловой кислоты покажет, сколько оставалось кислорода; вычитая последнее число из первоначального количества кислорода, получим объем кислорода, поглощенный растением во время опыта.

Описанный прием исследования дыхания растений в замкнутом пространстве представляет весьма важное неудобство в том, что состав атмосферы, окружающей растение, беспрерывно меняется; изменения становятся тем ощутительнее, чем меньше объем замкнутого с растением газа; между тем размер прибора обусловливается, в свою очередь, требуемой степенью точности отсчитывания объема измеряемого газа и не может переступать за известные пределы.

При употреблении второго приема растение оставляют во время опыта в струе воздуха, предварительно очищенного от углекислоты, и собирают выделенную растением углекислоту посредством раствора едкого кали или едкого барита. В продолжение всего опыта растение находится, таким образом, в атмосфере определенного и постоянного состава; в этом заключается преимущество второго приема перед первым; слабая же сторона его, делающая его во многих случаях неприменимым, состоит в том, что он допускает лишь определение углекислоты без отношения к поглощенному кислороду.

Мы увидим ниже, что объемы обмениваемых газов — углекислоты и кислорода — не всегда одинаковы, вследствие чего по объему одного из них невозможно с достоверностью заключать об объеме другого; известны даже случаи поглощения кислорода без выделения углекислоты, а также и случаи выделения углекислоты без соответствующего поглощения кислорода. Поэтому определение одной углекислоты или только кислорода не может служить достаточно надежным мерилом дыхания. Тем не менее и при посредстве этих приемов удалось добыть интересные результаты, так как в большинстве случаев объемы обмениваемых при дыхании газов оказались равными.

По отношению к прорастанию старались выяснить следующие стороны этого процесса: 1) изменение напряженности дыхания при прорас-

тании; 2) соотношение объемов поглощаемого кислорода и выделяемой углекислоты в различные фазы прорастания; 3) зависимость дыхания от парциального давления кислорода; 4) связь между дыханием и ростом и 5) выделение углекислоты в отсутствие кислорода (интрамолекулярное дыхание).

Наиболее выдающиеся исследования над дыханием прорастающих растений принадлежат *Бородину, Волкову, Лясковскому, Мейеру* и *Ришави.*

Лясковский[67] убедился приемом более точным, чем те, которые до него употребляли, в отсутствии выделения при дыхании иных продуктов, кроме углекислоты и воды. Для этого он сравнил потери углерода и водорода, обнаруживаемые элементарным анализом семени и проростка, с углеродом и водородом углекислоты и воды, выделяемых проростком во время опыта; приведенные в его работе на с. 235 цифры обнаружили почти совершенное согласие; разница между ними не превосходила предела погрешностей, неизбежных при производстве опытов.

Волков и *Мейер*[68] в общей работе исследовали дыхание, определяя количество поглощенного кислорода; они заставляли прорастать семена в стеклянной, изогнутой в виде буквы U трубке, составленной из колен различного диаметра; в широкое колено (см. рис. 39) помещались семена, смоченные водой и поддерживаемые проволокой; узкое колено было снабжено делениями и служило для отсчитывания высоты ртути. Прибор этот устанавливают следующим образом: внутри широкого колена прикрепляют семена, предназначенные для прорастания, и надвигают трубку на пришлифованную стеклянную или гуттаперчевую пробку, приклеенную предварительно сургучом к дну широкой стеклянной чашки (*q*); на пробку до надвигания трубки с семенами помещают маленький стаканчик с раствором едкого кали, предназначенный для поглощения углекислоты, выделяемой с семенами при прорастании. После того как трубка с семенами плотно надвинута на пробку, в чашку наливают на столько ртути, чтобы замкнуть отверстие узкого колена. По мере поглощения растениями кислорода объем газа в приборе уменьшается и вызывает поднятие ртути в узком колене. Для большей точности измерения объема газа узкое колено предварительно калибруют, а также по возможности точно определяют вместимость всего прибора; отсчитываемые объемы перечисляют на температуру 0° и давление в 760 мм.

Влияние температуры на дыхание. Для избежания колебаний температуры погружают весь прибор на время опыта в большой стеклянный сосуд с водой определенной температуры и оставляют в помещении, в котором температура мало изменяется. Имея, таким образом, возможность поддерживать постоянную температуру во все время опыта, *Волков* и *Мейер*[69] определяли зависимость поглощения кислорода от температуры среды, окружающей растение. Между 16 и 38° С оказалось

---

[67] *Laskovsky* Land. Vers. 17; 219 (1874).
[68] *Wolkoff u. Meyer.* Land. Jahrb. 3; 481 (1874).
[69] *Wolkoff u. Meyer.* L. c.

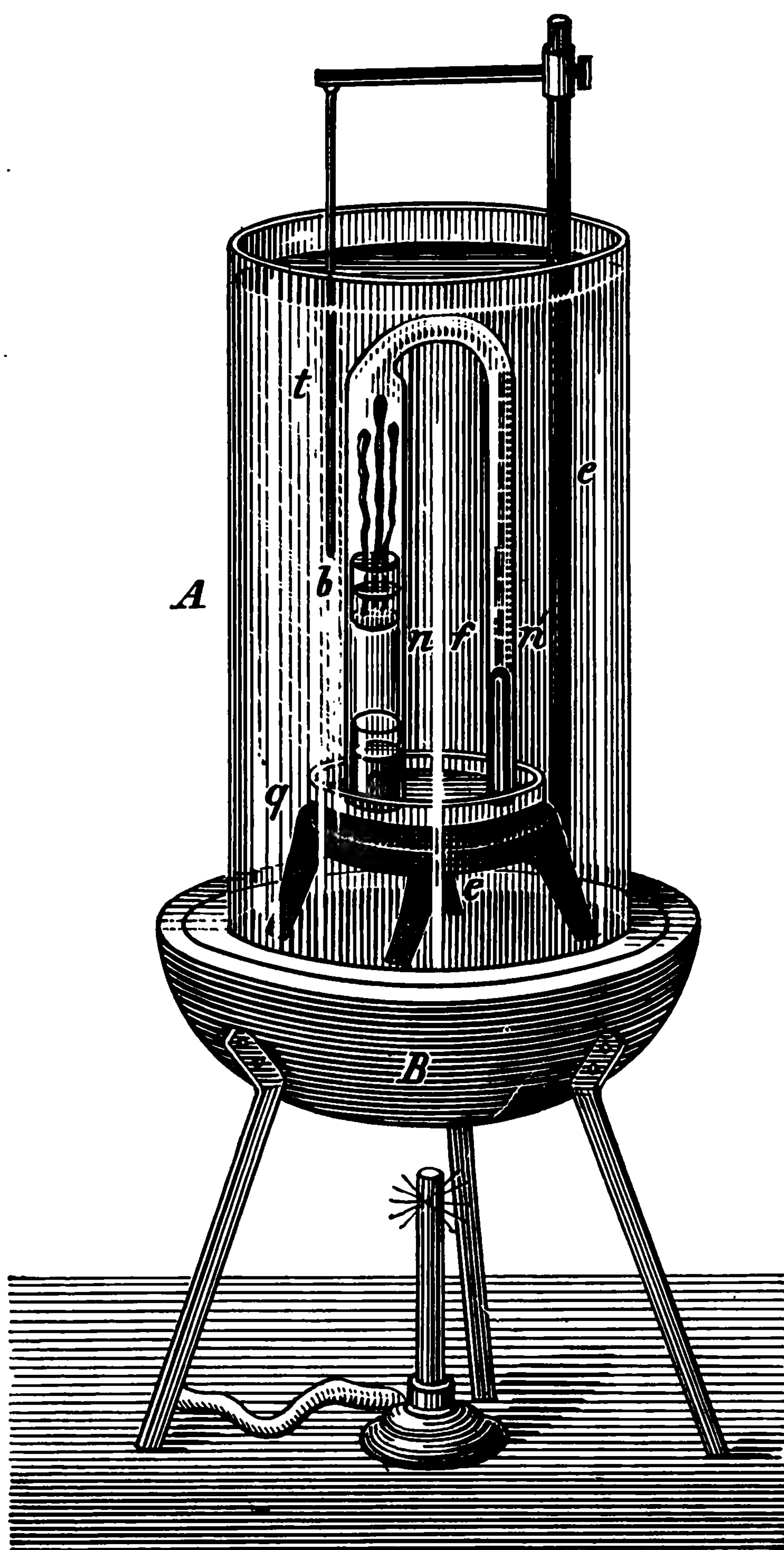


Рис. 39. Прибор Волкова и Мейера

Коленчато изогнутая трубка (*cn'*) надвинута широким нижним концом на пришлифованную стеклянную пробку, приклеенную к дну плоского стеклянного сосуда; другим открытым узким концом она опущена в ртуть, налитую в плоский стеклянный сосуд (*q*). В широком колене на пришлифованной пробке помещена маленькая чашка с едким кали; посредине длины широкого колена прикреплен маленький сосудик с прорастающими растениями. Коленчато изогнутая трубка вместе с плоскою стеклянной рамкой и треножником помещена в цилиндрический стеклянный сосуд, который поддерживается медной чашкой и нагревается лампой. Температура воды в сосуде *A* измеряется термометром *t*, прикрепленным к штативу *e*

усиление дыхания, почти прямо пропорциональное возвышению температуры:

Объем поглощенного кислорода		Температура		Частное
0,53	:	16,2	=	0,033
0,50	:	17,8	=	0,028
0,76	:	25,4	=	0,033
1,00	:	32,8	=	0,030

При дальнейшем возвышении температуры дыхание еще несколько усиливалось, а затем не изменялось до 44,5° С, т. е. до температуры, при которой растеньица гибли и наступало отмирание верхушек побегов.

Пять проростков Tropaeolum majus дали следующий результат:

при 22,4° С	они поглощали .	0,60 $см^3$	кислорода в час
» 27,0	» »	0,77 »	» »
» 30,5	» »	0,76 »	» »
» 30,0	» »	0,77 »	» »
» 35,0	» »	1,04 »	» »
» 38,2	» »	0,91 »	» »

Подобное возрастание дыхания проростков тыквы при повышении температуры наблюдал *Лясковский*[70].

Соотношение дыхания с ростом. Мы увидим ниже, что все жизненные функции растений, между прочим и рост, происходят только между известными температурами; по мере приближения к предельным температурам они уменьшаются, а при определенной промежуточной температуре достигают максимума. Повторяя опыты над поглощением кислорода при температурах более и более высоких, *Волков* и *Мейер* нашли, что при нагревании растеньиц далеко за оптимум роста, поглощение кислорода продолжало усиливаться и не спадало вплоть до температуры, при которой растения уже начинали обнаруживать признаки отмирания.

Мейер[71] подтвердил этот результат исследованием над прорастанием пшеницы; семена в количестве приблизительно около $^1/_{20}$ г были пророщены вначале в стружках, а затем переносились на сетку, натянутую над водой. Через каждые два или три дня *Мейер* переносил по нескольку семян в вышеописанный прибор, заменяя прежние семена свежими. Так как они все были зараз смочены водой и одновременно начали прорастать, то из целого ряда определений над различными проростками получились цифры, приблизительно равные тем, которые бы дали одни и те же растеньица в разное время прорастания.

Так как одной из главных целей работы было исследование связи дыхания с ростом, то ежедневно производилось *Мейером* и измерение длины перышка растений.

Опыты производились при разных температурах в пределах между 10 и 13,7° С, между 22,5 и 24,5° С и между 31,9 и 36,5° С, и во всех трех рядах опытов получился результат одинаковый.

Потеря органического вещества, сопровождающая разрастание проростка до определенной длины, при температурах 12 и 24° С оказалась одинаковой; разница в разрастании при этих двух температурах проявилась лишь в том, что при 12° требовалось для этого гораздо больше времени; при температуре 12° перышко пшеницы достигло длины 49 мм в 12 дней; при 24° — в 6 дней. Вес сухого вещества получился в обоих случаях равный:

в растении, выросшем при 12° С, он равнялся 0,151 г,

в растении, выросшем при 24° С, он равнялся 0,153 г.

---

[70] *Laskovsky.* Land. Vers. 17; 230 (1874).

[71] *Meyer.* Land. Vers. 18; 245 (1875).

В первом случае перышко достигло длины 149 мм. через 17 дней; вес сухого вещества растеньица равнялся 0,141 г; во втором — перышко выросло до означенной длины в 8 дней и растеньице, высушенное при 100° С, весило 0,140 г. Полное соответствие в весе сухого вещества обнаружилось и в самом конце прорастания; вес сухого вещества растеньиц, выросших при 12° С, равнялся 0,110 г; выращенные при 24° С весили 0,111 г.

В этих пределах, следовательно, обнаружилось замечательное соотношение между приростом и дыханием; но уже при температуре 34° С оно оказалось нарушенным: растения весили в последнем случае 0,111 г, хотя перышко их разрослось сравнительно очень слабо; так что и эти опыты дали результат сходный и подтвердили, что между дыханием и ростом нет строгого соответствия.

Из ряда определений над поглощением кислорода проростками пшеницы выяснилось, кроме того, что дыхание в первое время постепенно возрастает, по прошествии несколько дней достигает максимума и затем столь же постепенно убывает. Для большей наглядности хода дыхания и роста *Мейер* изобразил их графически. Для графического изображения хода дыхания *Мейер* отмерил на горизонтальной линии отрезки, пропорциональные времени между двумя последовательными наблюдениями, и из намеченных точек восстановил перпендикуляры длины, пропорциональной объему поглощенного кислорода; соединяя верхушки перпендикуляров, он получил кривую, наглядно изображавшую ход дыхания; кривую эту он назвал *большой кривой дыхания*. Из сравнения ее с начертанною таким же способом кривой роста *Мейер* нашел, что они не вполне соответствуют одна другой, хотя и имеют форму сходную; максимум *большой кривой дыхания* наступал всегда несколькими днями позже максимума роста.

Между тем как *Волков* и *Мейер* основывали свои выводы относительно интенсивности дыхания на определение количества поглощаемого кислорода, *Бородин* и *Ришави* воспользовались для изучения дыхания вторым из вышеописанных приемов. Они проращивали семена в струе воздуха, предварительно лишенного углекислоты, и мерилом дыхания служила углекислота, выделяемая растениями. Несмотря на различие метода, результаты получились сходные. *Бородин*[72] проращивал семена кресса (около 620 семян, весивших 1,8 г) на металлической сетке, помещенной в горизонтальной стеклянной трубке, сквозь которую во все время опыта пропускалась посредством аспиратора струя воздуха. До вхождения в трубку воздух проходил сквозь аппарат с едким кали; между трубкой с семенами и аспиратором находился кали-аппарат, который задерживал углекислоту, выделяемую прорастающими растениями; разница в весе кали-аппарата до начала и по окончании опыта служила указанием на количество выделенной углекислоты. Ход дыхания оказался

[72] *Borodin*. S. l. respiration d. plantes. 1875; lu le 20 Mars 1874 au congrès international à Florence.

совершенно сходным с найденным *Мейером* для пшеницы; в первые дни прорастания выделение углекислоты постепенно возрастало и затем, достигнув максимума, столь же постепенно убывало. Максимум выделения углекислоты наступал через определенное число дней, смотря по температуре, при которой семена прорастали.

При температуре 11—12° С он проявлялся на 6-й день; при температуре 15—16° С — на 4-й день; при этом проростки, полученные из 1,8 г семян, выделяли в первом случае 0,004 г углекислоты в час, во втором — 0,006 г. При 30° С многие из семян не проросли; проросшие же выделили углекислоты больше, чем в предыдущих опытах.

Посредством подобного же приема с некоторыми второстепенными изменениями прибора произвел исследование над дыханием прорастающей пшеницы *Ришави*[73] и подтвердил вполне результаты *Мейера* как относительно вида большой кривой дыхания, так и касательно запаздывания максимума дыхания сравнительно с максимумом роста.

Необъяснимое исключение по отношению к ходу дыхания представляет, по наблюдениям *Ришави*[74], прорастающая Vicia Faba; напряженность дыхания, измеряемая количеством выделяемой углекислоты, оставалась одинаковой в продолжение всего опыта, длившегося 19 дней; между тем перышко успело вырасти за это время с 1 до 20 см. При графическом изображении получилась вместо прежней кривой дыхания прямая линия, параллельная оси абсцисс.

Соотношение объемов, обмениваемых при дыхании газов, кислорода и углекислоты. Определения объемов поглощенного кислорода и выделенной углекислоты прорастающими семенами производимы были уже *Соссюром*; исследования, изложенные в «Recherches chimiques s. la végétation», привели к выводу, что объемы обмениваемых газов — углекислоты и кислорода — равны между собой; последующие опыты изменили его взгляд на этот предмет, и он убедился, что отношение объемов этих газов не только бывает различно при прорастании различных растений, но и изменяется в продолжение прорастания одного и того же растения. Углекислоту он определил посредством едкого кали, кислород — сожиганием с водородом в эвдиометре Вольты.

Соответствие объемов углекислоты и кислорода обнаружилось при прорастании пшеницы и ржи; преобладание выделения углекислоты над поглощением кислорода в первые 24 часа прорастания *Соссюр* наблюдал у Phaseolus vulgaris L.; преобладание поглощения кислорода над выделением углекислоты оказалось в первые 18 часов прорастания у Faba vulgaris equina DC., наконец, у Lupinus он нашел отношение, различное в разные периоды прорастания. Из остальных результатов заслуживает внимания указание на поглощение прорастающими семенами азота из воздуха, вывод, не согласный с господствующим воззрением и противоречащий почти всем новейшим работам.

---

[73] *Ришави.* К вопросу о дыхании растений. 1877.
[74] *Rischawi.* Land. Vers. 19; 321 (1876).

Обстоятельное исследование обмена газов между прорастающими растениями и атмосферой произвели *Удеманс* и *Рауэнгоф*. Они пришли к результатам, сходным с предыдущими: 1) обмен газов у разных растений не вполне одинаковый; 2) при прорастании далеко не всегда наблюдается соответствие объема углекислоты и кислорода; 3) в начале прорастания поглощение кислорода преобладает над выделением углекислоты; 4) кроме углекислоты и воды, других продуктов при нормальном ходе прорастания не получается; 5) при прорастании вес сухого вещества семени убывает.

К сожалению, в сокращенном переводе этой работы, помещенной в «Linnaea» (Т. 14. S. 219. 1859), изложены только результаты опытов; самый же метод исследования описан в нескольких словах.

Из последующих работ отмечу следующие.

Дегерен и *Ландрен*[75], исследуя обмен газов при прорастании, нашли в самом начале прорастания значительное поглощение кислорода, сопровождаемое сравнительно малым выделением углекислоты; в связи с последним обнаружилось во всех опытах уменьшение объема газа, который окружал растение; убыль его доходила в некоторых случаях до 10%. К сожалению, числа, приводимые этими авторами касательно объемов обмениваемых газов, не вполне надежны вследствие неудовлетворительности способа проращивания семян и анализа газовой смеси. Они проращивали семена в слое воды над ртутью в приемнике с определенным объемом воздуха; оставаясь погруженными в воде, семена не могли прорастать совершенно нормально и в большей части опытов загнивали.

Ошибочный прием был допущен *Дегереном* и *Ландреном* при анализе газа по окончании опыта; они переносили газовую смесь в сосуд с водой и, выделив из нее объем газа от 20 до 25 см^3, исследовали его на содержание кислорода и углекислоты; соприкосновение, хотя бы и кратковременное, с водою газовой смеси, содержавшей углекислоту, не могло не повлиять на самый состав смеси. Подобный прием тем более странен, что нельзя себе даже дать отчета, в чем встретилось *Дегерену* и *Ландрену* препятствие к манипуляции с газами над ртутью. К тому же вследствие определения состава небольшой части всей смеси и перечисления полученных чисел на весь объем газа возможные погрешности делались еще более ощутительными в окончательном выводе.

Уменьшение объема газа, указывающее на несоответствие объемов обмениваемых газов, может быть обусловлено двумя различными причинами: или задерживанием внутри растения части образованной углекислоты, или же окислением некоторых составных частей семени без образования углекислоты.

Первою из этих причин вызывается, по наблюдениям *Бородина*, уменьшение объема газовой смеси при прорастании *крахмалистых* семян, например Pisum sativum, Rhaseolus multiflorus. Семя гороха, замкнутое в трубке ртутью с 80 см^3 воздуха, вызвало в первые 12 часов опыта уменьшение объема, равное 0,5 см^3; за все время прорастания убыль

[75] *Deherain et Landrin.* Ann. d. S. Nat. S. 5. T. 19; 358 (1874).

объема газа равнялась 2—3 см^3. Следующими опытами *Бородину* удалось доказать, что в данном случае уменьшение объема газа обусловливалось задержкой проростком части образованной углекислоты. Два по возможности одинаковых семени были заключены в трубки над ртутью с одинаковым объемом воздуха; разница в установке опыта состояла лишь в том, что в одну из трубочек *Бородин* ввел несколько едкого кали для поглощения выделяемой растением углекислоты. В этой трубочке, следовательно, растеньице не могло задерживать внутри себя углекислоты, так как последняя быстро диффундировала в окружающий воздух и поглощалась едким кали; в другой трубочке, напротив того, часть углекислоты могла быть удержана растением. *Бородин* заменил затем атмосферу в трубочках свежим воздухом и замкнул их вновь ртутью. Растеньица начали вновь поглощать кислород и выделять углекислоту; при этом в трубочке с растением, которое предварительно находилось с едким кали, обнаружилось значительное уменьшение объема газов; в трубочке же, не заключавшей едкого кали, объем газа увеличился. Бородин совершенно верно поясняет уменьшение объема в трубочке, в которой прежде было едкое кали, тем, что растеньице лишено было возможности поглощать углекислоту, пока в трубочке было едкое кали; по удалении его оно задержало в себе часть новообразованной углекислоты и вызвало поэтому уменьшение в объеме окружающего газа, между тем как второе растение после замены прежней атмосферы свежей выделило из себя часть углекислоты, предварительно задержанной, и этим увеличило объем заключенного с ним воздуха.

Совершенно иными процессами вызывается уменьшение объема воздуха при прорастании семян маслянистых; различие в поглощении газа крахмалистыми семенами, которые задерживают в себе объем газа, не больший собственного объема, и поглощением маслянистыми семенами не может быть объяснено временной задержкой углекислоты, так как убыль смеси газов, обусловливаемая маслянистыми семенами, превосходит в несколько раз объем прорастающего растеньица. Оно, несомненно, вызывается окислением некоторых составных частей семени, по-всему вероятию жиров; поглощение кислорода в этом случае влечет за собой образование меньшего объема углекислоты. Еще *Соссюром*[76] было замечено, что хлебные растения (пшеница, рожь) почти не изменяют объема воздуха. Из маслянистых семян:

проростки конопли в 43 часа при 22° С поглотили 19,7 см^3 кислорода и выделили 13,26 см^3 углекислоты;

проростки рапса в 42 часа при 21,5° С поглотили 31,4 см^3 кислорода и выделили 24,39 см^3 углекислоты;

проростки Мадиа в 72 часа при 13° С поглотили 15,83 см^3 кислорода и выделили 11,94 см^3 углекислоты.

Значительное уменьшение объема воздуха при прорастании маслянистых семян было подтверждено многими последующими наблюдателями, например *Рауенгофом, Удемансом, Дегереном* и другими.

---

[76] *Saussure.* Frorieps Notizen. 1842. B. 24, N 16, p. 243.

Исследование дыхания прорастающих растений при различном парциальном давлении кислорода. Известно, что фосфор, оставленный на воздухе при обыкновенной температуре, окисляется с выделением тепла и света, между тем как в чистом кислороде он остается при этих условиях без перемены. Различное отношение фосфора к воздуху и чистому кислороду объясняется тем, что окисление фосфора идет успешнее, когда частицы кислорода находятся на большем друг от друга расстоянии, чем в чистом кислороде при обыкновенном атмосферном давлении. В воздухе кислород разжижен при посредстве азота, и парциальное давление его в 5 раз меньше в воздухе, чем в чистом кислороде. Заключение это легко подтвердить, наблюдая окисление фосфора в чистом кислороде под уменьшенным давлением; для этого вводят в трубку, наполненную ртутью и опрокинутую над ртутною ванною, небольшой объем кислорода и затем приподнимают трубку из ванны настолько, чтобы уровень ртути в трубке превышал уровень ее во внешнем сосуде на желаемую высоту; разница в уровне ртути покажет давление, под которым находится замкнутый кислород. При увеличении объема кислорода в 5 раз против нормального получится окисление фосфора в чистом кислороде столь же энергичное, как в воздухе при обыкновенном давлении.

Проверку этого положения относительно поглощения кислорода при дыхании растений произвели *Берт*[77], *Бем*[78] и *Ришави*[79], они видоизменяли парциальное давление кислорода частью тем, что заменяли атмосферный воздух кислородом или смесями его с другими газами, частью же тем, что подвергали замкнутые с растением газы давлению, значительно большему или меньшему, чем атмосферное.

Берт нашел, что в чистом кислороде под давлением 2,5 атм, т. е. при парциальном давлении кислорода, в 11 раз большем, чем в воздухе, семеня ячменя не прорастают. В четыре дня 10 г семян ячменя, оставаясь совершенно свежими, поглотили 136 см^3 кислорода; между тем как семена, оставленные на воздухе, за это время все проросли и поглотили 222 см^3 кислорода. К выводу, несогласному с *Бертом*, пришел *Ришави*; он не нашел разницы в дыхании в чистом кислороде и в воздухе. Его опыты, несмотря на тщательное исполнение, не могут, однако, служить опровержением показания *Берта*. *Ришави* определял не количество поглощаемого кислорода, а углекислоту, выделяемую прорастающим бобом, помещенным в сосуде, через который попеременно пропускали воздух и кислород; углекислота задерживалась раствором барита; количество ее получалось одинаковое, независимо от того, находилось ли растение в токе воздуха или кислорода. Ввиду того, однако, что углекислота продолжает выделяться иногда несколько часов и в атмосфере, лишенной кислорода, т. е. по прекращении нормального дыхания (см. ниже), одно определение ее количества не может служить надежным мерилом дыхания. Различие результатов *Берта* и *Ришави* объясняется, следовательно,

[77] *Bert.* C. R. T. 76; 1433 (1873); T. 77; 531 (1874) и T. 80; 1579 (1875).
[78] *Boehm.* Sitzber. Wien. Ak. 68; 132 (1873).
[79] *Rischawi.* Land. Vers. 19; 322 (1876).

различием приема исследования, и нельзя не сознаться, что преимущество находится в данном случае на стороне *Берта*.

В связи с напряженностью дыхания изменялась и скорость прорастания; при уменьшении давления до 50 см прорастание, по опытам *Берта*, заметно замедлялось в обыкновенном воздухе; при 12 см давления прекращалось в воздухе прорастание кресса, при 6 см не прорастал более ячмень. В чистом кислороде, как и следовало ожидать, предельное давление для них оказалось более низким и доходило до 4 см.

Увеличение давления до 4—5 атм не обнаружило влияния на прорастание в воздухе; при 10 атм оно прекращалось. В чистом кислороде прорастание останавливалось уже при меньшем давлении. Под давлением 2 атм прорастание замедлялось в кислороде на столько же, как в воздухе под давлением 8 атм.

Согласные результаты получились *Бемом* при сравнении прорастания в чистом кислороде и воздухе под обыкновенным давлением. Опыты были произведены над бобами; *Бем* ввел по одному семени боба в шесть приемников с кислородом и в шесть приемников с атмосферным воздухом; выделяемая углекислота поглощалась едким кали; опыт продолжался 28 дней. Растения, оставленные в воздухе, настолько проросли, что семядоли их съежились; стебельки достигли длины 37—41 см, корни также сильно разрослись. В кислороде четыре проростка оказались отмершими; у остальных двух, оставшихся в живых, семядоли загнили; подсемядольные колена имели всего 2,7—3,7 см длины, стебли — от 8 до 2,7 см, корни были также весьма короткие. Подобные различия в развитии обнаружили в кислороде и воздухе Zea Mays, Ervum Lens, Phaseolus multiflorus; меньшая разница получалась в опытах с Lepidium, Linum и Helianthus.

Внутреннее, или интрамолекулярное, дыхание. Особенное внимание обратило на себя в последнее время выделение растениями углекислоты без поглощения кислорода извне; процесс этот обозначили названием *внутреннего*, или *интрамолекулярного*, дыхания. Над прорастающими семенами имеются в этом отношении только наблюдения *Вортмана*[80]. Оставляя цельные семена (Vicia, Phaseolus) и отдельные их части, а также и проросшие растеньица в торричеллиевой пустоте барометрической трубки, он нашел, что они продолжают выделять несколько дней сряду углекислоту, несмотря на полное отсутствие кислорода. Образование углекислоты в данном случае может быть объяснено лишь распадением органических составных частей семени на углекислоту и другие продукты. Наиболее интенсивное выделение ее обнаруживалось в начале опыта и затем постепенно спадало.

Подробнее об интрамолекулярном дыхании будет говорено ниже; здесь я отмечу только факты, относящиеся до прорастающих растений. *Вортман* сравнил количества углекислоты, выдыхаемой проростками Vicia Faba в торричеллиевой пустоте, с кислородом, поглощаемым за это время проростками, оставленными в воздухе; полученные количества

---

80 *Wortmann*. Arbeit. d. botan. Instit. z. Würzburg. B. 2; 500.

углекислоты и кислорода он перечислил на 1 г семян и на 1 часть времени и свел их в следующую табличку:

Номера опытов	Число часов	Количество кислорода, поглощенного при нормальном дыхании	Количество углекислоты, выделенной при внутреннем дыхании
1	5	0,130	0,110
2	14	0,089	0,079
3	14	0,092	0,100
4	8	0,096	0,093

Примечание. В работе *Вортмана* ошибочно значится, что в табличке приведены сравнительные числа углекислоты, выделенной прорастающими семенами в отсутствие кислорода и в воздухе. В приборе с семенами, прораставшими в воздухе, *Вортман* определял не углекислоту, а объем поглощенного кислорода, так как едкое кали было введено в прибор до начала опыта; последующее изменение в объеме воздуха могло быть только вызвано поглощением семенами кислорода. Ввиду этого я и придал цифрам *Вортмана* соответствующее значение.

Из таблички видно, что в отсутствие кислорода выделение углекислоты продолжалось во все время опыта (т. е. несколько часов) с значительной силой. Различие сказывалось лишь позже в постепенном замедлении выделении углекислоты в торричеллиевой пустоте.

Коренное же различие внутреннего дыхания от нормального обнаружилось в том, что рост прекращался немедленно по устранении кислорода или, другими словами, что внутреннее дыхание не в состоянии поддерживать рост растений.

Образование тепловой энергии при прорастании. Прорастание семян сопровождается, как и следовало ожидать, значительным выделением тепловой энергии, обусловленной главным образом дыханием. По наблюдениям *Виснера*[81], значительное нагревание семян проявляется при смачивании их водой; он приписывает это уплотнению воды, проникшей в семя. Во всяком случае, повышение температуры семян, обнаруживающееся вскоре после смачивания их водой, представляет весьма незначительный источник тепла, а выделение семенами углекислоты вследствие дыхания начинается несколькими часами позже. Исследование температуры прорастающего семени представляет вопрос совершенно неразработанный; единственные наблюдения над нагреванием семян при прорастании, произведенные *Гёппертом*[82] и *Виснером*, сделаны при посредстве весьма грубого приема. Для обнаружения повышения температуры они погружали шарик чувствительного термометра в большую кучу семян, смоченных водой; в опытах *Гепперта* семена находились в закрытом деревянном ящике, обшитом войлоком, для устранения потери тепла через лучеиспускание. Термометр, погруженный в семена Zea Mays, обнаружил температуру, на 6—7° R. превосходящую температуру воздуха; семена Avena sativa нагрелись на 9—10° R. выше окружающей среды; семена Trifo-

[81] *Wiesner*. Land. Vers. 15; 135 (1872).
[82] *Göppert*. Wärmeentwickelung i. d. Pflanzen. 1832.

lium — на 14° R., семена Brassica Napus — на 17° R. Подобные опыты над скученными семенами нельзя продолжать долгое время, потому что уже через три или четыре дня они обнаруживают признаки загнивания и начинают разлагаться. Ввиду того что гниение семян тоже сопровождается весьма значительным освобождением тепла, *Гепперт* обращал особенное внимание на состояние семян и только такие опыты считал доказательными, в которых растения оказывались совершенно свежими. *Виснер* получил сходные результаты.

II. ПИТАНИЕ ЛИСТОНОСНЫХ ПОБЕГОВ, ВЕТВЕЙ И СТВОЛА

Мы видели, что при прорастании на свету по мере истощения запасных веществ семени молодое растеньице начинает само вырабатывать органические соединения, служащие материалом для построения его тела. Количество приготовленных органических соединений возрастает по мере увеличения числа и размеров листьев, так как только при их посредстве растение обогащается углеводами, необходимыми для синтеза более сложных органических соединений, каковы, например, белковые тела.

С прорастанием не прекращаются процессы питания растения органическими соединениями; мы увидим, напротив того, что построение новых тканей и органов во всех частях растения и во всякое время сопровождается процессами, тождественными с теми, которые происходят при прорастании. Всякое новообразование строится на счет органических соединений, одинаковых по составу с запасным материалом семени; во многих случаях удалось открыть и присутствие аморфного фермента, сходного с ферментом семени; полная аналогия с прорастанием обнаружилась также и в обмене газов между разрастающимся органом и атмосферой, т. е. в поглощении кислорода и выделении углекислоты. Присутствие кислорода оказалось совершенно необходимым для роста каждого органа; с устранением кислорода тотчас же прекращается разрастание. Если в некоторых случаях не удается наблюдать непосредственно этого обмена газов, то только потому, что он по временам может быть замаскирован обменом газов диаметрально противоположного характера.

Не вдаваясь в дальнейшие разъяснения, я здесь ограничусь замечанием, что на основании всех имеющихся фактических данных в настоящее время необходимо признать, что вышеизложенные процессы построения организованных образований на счет органических соединений, а вместе с ними и обмен газов, обозначенный дыханием растений, продолжаются во всякой живой клетке растения без перерыва, во все время ее жизни.

Фактическая разработка этого предмета оставляет еще желать весьма многого. Наиболее выдающиеся исследования сводятся к следующему.

Зимующие почки и листоносные побеги в первое время своего развития разрастаются, подобно зародышу семени, исключительно на счет запасного материала, отложенного в растении вне нарастающих частей. На каждом разрезе ветви, ствола и корня, сделанном зимой, нетрудно

убедиться, что бо́льшая часть клеток переполнена твердыми органическими соединениями, между которыми, как в семени, преобладают белковые тела, жиры и углеводы.

Распределение крахмала зимою в древесине многолетних растений проследил *Санио*[83]. К осени оказались переполненными крахмалом клетки сердцевинных лучей, древесной паренхимы, клетки, заменяющие древесную паренхиму и лубообразные элементы простые и многокамерные. Касательно зимнего запасного крахмала *Санио* сообщает еще следующее: он находил в одном и том же дереве в разные годы различные количества зимнего запасного крахмала и притом не во всех годовых слоях, именно в *заболони* (*alburnum*), но не в *древесине* (*duramen*); у некоторых растений крахмал находился только в определенной части каждого годового слоя, например у Acer platanoides — только в осенней древесине. Кроме крахмала, *Санио* находил в запасном веществе какое-то маслообразное тело; в некоторых растениях, кроме того, небольшое количество хлорофилла. Наиболее крупные зерна крахмала оказались в древесине Punica Granatum и Vitis vinifera.

Весною, когда пробуждается вегетация, запасной материал постепенно переходит в раствор; одна часть его идет на построение распускающихся почек, вырастающих в листоносные побеги, другая часть сожигается в углекислоту и воду. Растворение его и в этом случае производится, по всему вероятию, главным образом при посредстве аморфных ферментов; немногие сделанные в этом направлении работы уже указали на присутствие их в некоторых растениях.

Фермент, сходный с диастазом, нашел *Баранецкий* в стеблевых частях многих растений[84]; *Краух*[85] открыл подобные ферменты в целом ряде растений, в почвах, древесине и коре; особенно сильно действующий фермент оказался в молодой древесине Aesculus Hippocastanum, более слабый — в листьях дуба и Crataegus oxyacantha.

Косману[86] удалось найти фермент, сходный с пепсином, в листьях Carica в количестве, равном приблизительно $^1/_3$% веса сухого вещества листьев; после цветения листья содержали только $^1/_{100}$% этого фермента.

Вюрцом[87] был выделен из млечного сока Carica papaya фермент *папаин*, действующий на белковые тела, подобно пепсину, хотя и нетождественный с ним; от пепсина он отличается тем, что растворяет белковые тела не только в кислой жидкости, но и в средней и даже щелочной.

Химические превращения, которым подвергаются в листоносных побегах запасные вещества, оказались совершенно сходными с теми, которые имеют место при прорастании. Крахмал при переходе в раствор образует глюкозу; кроме того, удалось показать почти повсеместное образование

[83] *Sanio*. Linnaea 13; 111 (1857).
[84] *Baranetzki*. L. c.
[85] *Krauch*. Land. Vers. 23; 77 (1879).
[86] *Kosmann*. Bullet. d. l. soc. chim. de Paris. Nouv. Ser. T. 27; 251 (1877). (Just. Jahresb. 1877; 714).
[87] *Würtz et Bouchut*. C. R. 89; 425 (1879).

аспарагина, одного из ближайших продуктов распадения белковых тел. Наиболее обстоятельные расследования по этому предмету принадлежат *Бородину*[88]; он открыл присутствие аспарагина в почках и побегах громадного числа растений, исследуя под микроскопом разрезы в капле спирта по способу, изложенному выше. Ему удалось обнаружить значительное содержание аспарагина в Spiraea sorbifolia, S. salicifolia, S. opulifolia, Crataegus sanguinea, Amelanchier vulgaris, Ulmus effusa; в меньшем количестве он нашел аспарагин в Populus tremula, Quercus pedunculata, Tilia parvifolia, Caragana arborescens, Prunus Padus; к растениям, не содержащим аспарагина при нормальных условиях, он относит Betula alba, Alnus glutinosa, Sorbus aucuparia, Syringa vulgaris, Fraxinus excelsior, Sambucus racemosa, Lonicera tatarica, Acer platanoides, Coniferae. Предполагая, согласно вышеизложенному, что накопление аспарагина обусловливается только недостатком в растении углеводов и что в растениях последней группы присутствие аспарагина не сказывалось только вследствие быстрой переработки его в белковые тела при посредстве углеводов, *Бородин* надеялся вызвать накопление аспарагина в отрезках этих растений, если лишить их притока углеводов из других частей. Для этой цели он отделял небольшие отрезки ветвей, по возможности короткие, иногда срезывал только почку и переносил их на некоторое время в темноту; молодые части продолжали расти на счет отложенного в них запасного материала и вырастали в этиолированные побеги. После истощения углевода удавалось, согласно ожиданию, находить в побегах аспарагин. Не все растения обнаруживали, однако, присутствие аспарагина с одинаковой легкостью. Наибольшее препятствие представили Betula и Alnus; в срезанной почке Alnus он появился на 14-й день; у Betula аспарагина наблюдать не удалось. *Бородин* объясняет отрицательный результат тем, что опыты над почками березы не были столь продолжительны, как над ольхой.

Кроме аспарагина, *Бородин*[89] обнаружил в листоносных побегах и другой продукт разложения белковых тел — *тирозин*. *Бородин* нашел его вместе с аспарагином в недоразвитых листьях стебля и пазушных почках этиолированных побегов картофеля и в срезанных верхушках побегов Vicia cracca и V. sepium.

Примечание. Более обстоятельные указания на состав раствора запасных веществ (пасоки) помещены будут в главе IV.

В постепенном обеднении твердыми запасными отложениями древесины и коры ветвей, ствола и корня по мере развития молодых побегов легче всего убедиться, исследуя весной под микроскопом тонкие вырезанные из них пластинки; ко времени распускания листьев клетки пластинки оказываются наполненными лишь прозрачной водянистой жидкостью; несколько позже, спустя месяц или полтора, в них опять замечается накопление твердых отложений, предназначенных для построения побегов

---

[88] *Borodin*. Bot. Zeit. 1878, p. 801.
[89] *Borodin*. Bot. Zeit. 1878, p. 815.

будущего года. *Шредеру*[90] удалось посредством анализа проследить перемещение азота и минеральных соединений из ветвей и стебля в нарастающие побеги в ветвях двух восьмилетних кленов, из которых один был исследован до начала вегетации, 5 апреля, а второй — ко времени распускания листьев, 18 мая. В осевых частях последнего оказалось весьма значительная убыль фосфорной кислоты, кали, магнезии, извести и азота, которые перешли в выросшие побеги. Убыль фосфорной кислоты достигала 46%, убыль кали — 32%; содержание извести и магнезии уменьшилось также на 26%; перемещение белковых тел, крахмала, фосфорной кислоты и кали в молодые, нарастающие части проследил и *Дебарр*[91], определяя содержание их в древесине ветви Rhus elegans зимою и весною.

Молодые побеги обнаружили совершенно сходную с прорастающими растениями зависимость в развитии от света; при выращивании в темноте они отмирают, по истощении запасного материала не образуют хлорофилла и обнаруживают соответственное удлинение междоузлий и недоразвитие листовых пластинок; при недостатке углеводов, подобно проросткам, проявляют накопление аспарагина. На свету по выходе из почки они быстро зеленеют и через некоторое время становятся способными к синтезу органических соединений; но и в этот период развития создание новых и разрастание заложенных тканей происходит, по всему вероятию, сходным образом на счет органических соединений, хотя бы и вырабатываемых самим листом, в частях более развитых.

Дыхание почек и листоносных побегов было предметом многократных исследований. Над дыханием почек имеются работы *Гарро*[92] и *Коренвиндера*[93]. *Гарро* помещал несколько связанных в пучок почек в стеклянном приемнике над раствором едкого кали; при этом обнаружилось значительное поглощение кислорода, простиравшееся от 36 до 90 см^3 в сутки.

12 почек Syringa vulgaris поглотили в сутки 70 см^3 кислорода.

20 почек Aesculus Hippocastanum поглотили в сутки 90 см^3 кислорода.

Коренвиндер также нашел, что почки поглощают кислород и выделяют углекислоту. Распускающиеся почки обогащали атмосферу углекислотой даже в присутствии света.

Над дыханием листоносных побегов имеются работы *Соссюра, Гарро, Мейера* и *Волкова, Бородина, Дегерена* и *Муасана, Муасана* и *Ландрена.*

Мейер и *Волков*[94] исследовали дыхание листоносных побегов, определяя количества поглощаемого кислорода. Они нашли зависимость дыхания от температуры, сходную с той, которая обнаруживалась при прорастании семян; при повышении температуры с 16 до 35° С дыхание побегов Tropaeolum majus значительно возросло. К этому же результату

[90] *Schröder.* Forstliche u. pflanzenphysiol. Unters. H. 1, p. 77. (Just. Jahres b. 1878; 568).
[91] *Desbarres.* Ann. agronom. 1879; 422. (Jahr. Agr. Chem. 1879; p. 201).
[92] *Garreau.* Ann. d. Sc. Nat. S. 3. T. 13; 321 (1849) и T. 15 (1851).
[93] *Corenwinder.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 6; 303 (1878).
[94] *Wolkoff u. Meyer.* L. c.

пришел *Бородин*[95] на основании определений выделяемой углекислоты: при повышении температуры с 12 до 30° С количество углекислоты, выделенной побегами Populus laurifolius, возросло почти в 4 раза (с 0,0020 до 0,0081 г в час), при последующем же понижении температуры на 11,6° оно опять уменьшилось в 4,4 раза; сходный результат дали ветки Crataegus monogyna и Larix Europaea.

Исследование дыхания Nicotiana Tabacum и некоторых других растений обнаружило, по наблюдениям *Дегерена* и *Муасана*[96], сходную зависимость от температуры. Эти результаты были подтверждены *Муасаном* в позднейшей работе[97]. 100 г веток Pinus exselsa выделили в продолжении 10 часов

при 12° С	0,025 г углекислоты	при 22° С	0,073 г углекислоты
» 19° С	0,049 г »	» 23° С	0,079 г »
» 20° С	0,053 г »	» 23° С	0,081 г »
» 20° С	0,054 г »	» 30° С	0,139 г »

100 г веток Aesculus Hippocastanum выделили в продолжение 10 часов

при 10° С	0,027 г углекислоты
» 13° С	0,034 г »
» 17° С	0,054 г »
» 28° С	0,140 г »

Бородин расследовал дыхание листоносных побегов еще и с другой стороны; он поставил себе задачей выяснить ход дыхания срезанного побега и обратил, кроме того, внимание на зависимость энергии дыхания от количества отложенного в ветви крахмала, на счет которого происходит дыхание. Срезанные побеги оставались в темноте; дыхание их определялось обоими вышеуказанными способами: в одних опытах побеги помещались в приборе, через который пропускался беспрерывный ток воздуха, очищенного от углекислоты, и выделяемая углекислота удерживалась кали-аппаратом; в других определялся в аппарате *Мейера* и *Волкова* поглощенный кислород.

Опытам были подвергнуты ветки Crataegus monogyna, Populus laurifolius, Larix Europaea, Pinus Strobus, Spiraea opulifolia, Acer platanoides и Quercus pedunculata.

Бородин нашел, что дыхание отрезанной ветви в темноте постепенно слабеет, и показал, что уменьшение дыхания вызывается истощением запасного материала (крахмала), на счет которого происходит дыхание. В ветви с ослабевшим дыханием удавалось усилить его, выставив срезанный побег на свет, т. е. в условия, при которых могло произойти новообразование крахмала. При перенесении в темноту после пребывания на свету в продолжение нескольких часов ветвь обнаруживала усиленное

[95] *Бородин.* Физиологические исследования над дыханием листоносных побегов. 1876.
[96] *Deherain et Moissan.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5. T. 19; 321 (1874).
[97] *Moissan.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6; T. 7; 292 (1879).

дыхание сравнительно с прежним. Таким образом, в растущем побеге, как и при прорастании семян, дыхание оказалось обусловленным присутствием безазотистого запасного материала.

Примечание. Опыты *Бородина,* имевшие целью доказать зависимость энергии дыхания от количества крахмала в растении, подверглись нападкам со стороны *Ришави*[98] (1877); *Бородину*[99], однако, удалось устранить приведенные *Ришави* возражения и новым рядом опытов подтвердить полученный результат.

Первые наблюдения над поглощением кислорода и выделением углекислоты в отсутствие света произвел *Ингенхуз*[100]. Соотношения их объемов были определены позже *Соссюром.* Уже *Соссюр*[101] заметил, что объемы газов, обмениваемых при дыхании ветвей и листьев, нередко разнятся между собой; листья Quercus Robur, Aesculus Hippocastanum, Sedum reflexum и др., помещенные в приемник с воздухом, значительно уменьшали объем окружавшей атмосферы. Особенно сильное сокращение объема воздуха обнаруживали сочные растения, например Cactus opuntia, Crassula Cotyledon, Sempervivum tectorum, Agave americana, Stapelia variegata; оказалось, что, поглощая весьма энергично кислород, они вовсе не выделяли в это время углекислоты. Наиболее наглядный результат получался в объеме воздуха, превосходящем объем отрезка растения от 7 до 20 раз: кусок Cactus opuntia[102], занимавший объем в 119 см^3 и помещенный с вечера в приемник с 951 см^3 воздуха, уменьшил за ночь объем воздуха на 79 см^3; вместо 198 см^3 кислорода осталось всего 119 см^3, при этом вовсе не выделилось углекислоты, так как известковая вода, поставленная с вечера в приемник возле кактуса, нимало не помутилась. Кактус, оставленный на более долгое время в приемнике с воздухом, продолжал поглощать кислород еще некоторое время, пока объем поглощенного кислорода не сделался равным $1^1/_4$ объема отрезка кактуса. Дальнейшее поглощение кислорода уже влекло за собой выделение равного объема углекислоты. Количество азота в воздухе оставалось во все время опыта без изменения.

Если растение, поглотившее кислород, оставить на воздухе, то по прошествии некоторого времени оно снова делается способным вызывать столь же значительное уменьшение объема воздуха. *Соссюр* приравнивал поглощение кислорода без выделения углекислоты нормальному дыханию; по его мнению, и в этом случае поглощение кислорода имело последствием образование углекислоты; отличие от нормального дыхания заключалось только в том, что образованная углекислота задерживалась растением. Последующие исследования (*Мейер, Дегерен* и *Муасан*) предложили другое толкование этого явления; по их мнению, поглощенный кислород расходовался на превращение органических соединений менее окисленных в более окисленные, т. е. на реакции окисления, не сопро-

[98] *Ришави.* К вопросу о дыхании растений. С. 43 (1877).
[99] *Borodin.* Mém. d. l'Acad. d. St. Pétersb. S. 7; t. 28 (1880).
[100] *Ingenhousz.* Essay upon vegetables. 1779.
[101] *Saussure.* Rech. chim. s. l. vegetation. 1804.
[102] Ib., p. 64.

вождаемые образованием соответствующего объема углекислоты. Которое из этих двух толкований вернее, невозможно сказать в настоящее время.

Дегерен[103] и *Муасан*[104] произвели расследование над соотношением объемов кислорода и углекислоты, обмениваемых при дыхании листоносными побегами. Углекислота была определяема посредством едкого кали, кислород — пирогалловокислым калием. Из этих опытов выяснилось, что отношение объемов кислорода и углекислоты для одного и того же растения изменяется с температурой: при температурах низких преобладает, по *Муасану*, поглощение кислорода, при высоких — выделение углекислоты; при одной из промежуточных температур обнаруживалось равенство объемов.

Ветвь Pinus Pinaster при 0° С выделяла на 100 см³ кислорода 50 см³ углекислоты.

Ветвь Pinus Pinaster при 13° С выделяла на 100 см³ кислорода 77 см³ углекислоты.

Ветвь Pinus Pinaster при 40° С выделяла на 100 см³ кислорода 114 см³ углекислоты.

Равенство объемов обмениваемых газов имело место для хвойных между 30 и 35° С.

К сожалению, в этих работах, как и в работе *Дегерена* и *Ландрена*, манипуляция с газом над водой и анализ только части смеси, взятой для опыта, не дозволяют вполне доверять их цифрам. На взрослых листьях в отсутствие света столь же ясно удалось наблюдать, согласно с показанием *Ингенауза*, процесс дыхания, как и на незеленых частях растения. В следующей главе будет показано, что зеленые части растения в присутствии света производят обмен газов с атмосферой, диаметрально противоположный и настолько интенсивный, что он в состоянии замаскировать процесс дыхания. Попытки фактически доказать, что зеленые части растения продолжают дышать на свету, не увенчались еще успехом; единственную попытку обнаружить дыхание зеленых частей в присутствии света представляют две работы *Гарро*[105], к сожалению, по моему мнению, далеко не доказательные.

Он производил опыты частью над срезанными листьями, частью над ветвями, оставленными в соединении с растением. 100 г листьев были помещены в приемнике вместе с чашкой раствора едкого кали; приемник внизу был замкнут водой. Через некоторое время уровень воды в приемнике поднялся; по поднятию уровня *Гарро* заключал о количестве углекислоты, выделенной листьями. Строго говоря, он не имел права делать этого вывода; из того, что мною сказано выше о приемах исследования дыхания, видно, что поднятие уровня воды в приборе могло служить только указанием на объем поглощенного кислорода. Но если даже и допустить, что в данном случае был выделен объем углекислоты, равный поглощенному кислороду (что, очевидно, предполагал *Гарро*), то и при

---

[103] *Deherain et Moissan*. L. c.
[104] *Moissan*. L. c.
[105] *Garreau*. Ann. d. Sc. Nat. S. 3. T. 15 (1851); u. T. 16, 271 (1852).

этом допущении приведенные опыты не разрешают вопроса об одновременном проявлении одним и тем же листом дыхания и обмена газов, диаметрально противоположного. По указанию *Гарро*, опыты производились на рассеянном свету, некоторые даже в слабоосвещенной комнате; поэтому поглощение углекислоты, сопровождаемое выделением кислорода, могло проявляться только в самых поверхностных листьях; между тем как внутренние листья, устраненные от света, должны были обнаруживать только дыхание.

Опыты *Гарро* с ветвями, оставленными в соединении с растениями, столь же малодоказательны. В приемник с воздухом, отовсюду замкнутый, была пропущена ветвь и поставлена чашка с баритовой водой; через некоторое время баритовая вода, несмотря на то что ветвь оставлена была на свету, мутилась от углекислоты, выделенной ветвью. *Гарро* принимает эту углекислоту за продукт дыхания ветви, между тем как столь же вероятно предположение, что газ, помутивший баритовую воду, уже раньше находился в полостях растения и вышел наружу вследствие диффузии, вызванной баритом, помещенным с ветвью в приемнике. В пользу этого предположения говорят исследования над составом газов, заключенных внутри растений; неоднократно удавалось наблюдать, что растения содержат в себе нередко значительный процент углекислоты. С другой стороны, *Коренвиндер*[106] получил относительно выделения углекислоты зеленой веткою на свету результат совершенно иной. В приемнике, где находилась отрезанная ветвь Prunus Laurocerasus, в воздухе, лишенном предварительно углекислоты, баритовая вода осталась совершенно светлой, без признаков мути.

Несмотря, однако, на отсутствие точных фактических указаний, теоретические соображения заставляют признавать, что в освещенных зеленых частях растения дыхание не прекращается (см. следующую главу).

Интрамолекулярное дыхание листьев было одновременно открыто различными путями *Пастером*[107] и *Бэмом*[108]. Работая над бродильным грибком, Пастер напал на счастливую мысль, что разложение сахара на спирт и углекислоту, производимое грибком в отсутствие кислорода, не свойственно исключительно ему, но присуще всякому другому растительному организму, поставленному в сходные условия. Предположение его оправдалось вполне: в среде, лишенной кислорода, обнаружилось выделение углекислоты, сопровождаемое накоплением спирта во всех исследованных им частях растений, например в плодах разных растений, в листьях ревеня, в корнях.

Бэм пришел к этому открытию неожиданно совершенно другим путем. Расследуя разложение углекислоты в присутствии света листьями, заключенными в смеси водорода и углекислоты, по способу *Бусенго* (см. следующую главу), он заметил, что в приборах, оставленных слу-

[106] *Corenwinder*. Ann. d. Chim. Phys. S. 5. T. 14, 118 (1872).
[107] *Pasteur*. C.R.P. 75. p. 784 и 1054 (1872). См. также его Etudes s. l. bière. p. 262 (1876).
[108] *Boehm*. Sitzber. d. Wien. Ak. 67. Märzheft. (1873).

чайно до начала опыта на несколько часов в темноте, получилось в конце опыта количество кислорода, превосходящее по объему углекислоту, введенную в прибор. Появление излишка кислорода, равного 0,7—0,8 см^3, *Бэм* совершенно правильно объяснил следствием выделения углекислоты листом до начала опыта, во время пребывания его в темноте в смеси углекислоты и водорода; рассматривая это выделение как особый род дыхания, он назвал его *внутренним дыханием* для отличия от внешнего, связанного с поглощением кислорода. Результат получился одинаковый во всех восьми рядах опытов над листьями Juglans regia, Platanus orientalis, Fraxinus Ornus, Syringa vulgaris, Quercus Cerris, Acer Pseudoplatanus, Cydonia vulgaris и Salix fragilis. Все они обнаружили при более продолжительном пребывании в темноте в атмосфере, лишенной кислорода, значительное увеличение объема газов, доходившее до 5 см^3.

Еще яснее обнаружилось внутреннее дыхание на ветвях, оставленных в темноте в атмосфере, лишенной кислорода, или в торричеллиевой пустоте эвдиометрической трубки; в том и другом случае немедленно появлялось выделение углекислоты и продолжалось без перерыва несколько дней. Так, например, ветвь сирени весом в 8,7 г в продолжение четырех дней выделила 11,3 см^3 почти чистой углекислоты. Выделения ее не наблюдалось, если вместо свежей ветви опыт производился над частью растения сухого или предварительно убитого горячим паром или кипящей водой. Оно не обнаруживалось и живой ветвью при погружении эвдиометрической трубки в тающий снег. Ветвь сирени весом в 6,41 г не выделила при этих условиях ни одного пузырька газа в продолжение 10 дней; по перенесении аппарата в температуру от 9 до 18° С в четыре дня получилось 3,17 см^3 углекислоты.

Выделение углекислоты листьями в атмосфере, лишенной кислорода, наблюдали также *Дегерен* и *Муасан* [109] на листьях, заключенных в трубку с атмосферным воздухом; выделение углекислоты продолжалось после поглощения листьями всего кислорода, следовательно, в атмосфере, совершенно лишенной этого газа. Сюда же относятся следующие опыты *Муасана* [110]: 30 г очень молодых листьев Aesculus Hippocastanum выделили при 30° С в струе атмосферного воздуха в продолжение 3 часов 153 мг углекислоты; при замене воздуха струей чистого азота получилось через 3 часа 66 мг углекислоты. По мнению *Муасана*, появление углекислоты было обусловлено спиртовым брожением; при продолжительном пребывании в азоте выделение углекислоты некоторое время постепенно убывало и достигало минимума; затем выделение ее возобновлялось с большею силою и с этого времени сопровождалось образованием спирта в растении.

Определений температуры почек и листоносных побегов произведено очень мало; мне известны в этом направлении только наблюдения *Гёпперта* [111]. Он нашел заметное повышение ртути в термометре, шарик

[109] *Deherain et Moissan.* Ann. d. S. Nat. S. 5. T. 19, 347 (1874).
[110] *Moissan.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 7, 335 (1879).
[111] *Göppert.* Ueb. d. Wärmeentwickelung in d. Pflanzen. 1830; сочинение это содержит чрезвычайно полный свод предшествующих работ по этому предмету; в нем *Гёп-*

которого был окружен пучком связанных побегов; термометр, погруженный в проросший овес в 3 дюйма длины, поднимался до 16,6—18,4° R, между тем как в воздухе термометр показывал 15,1—15,6° R; среди стеблей Zea Mays, Cyperus esculentus и цветущих стеблей Hyoscyamus niger обнаружилось повышение температуры через 10 часов на 1,4—1,8° R.

Температура ветвей и стволов, напротив того, составляла предмет неоднократных исследований с целью узнать, могут ли растения, подобно животным, поддерживать внутри себя определенную температуру, отличную от окружающей среды. Первые наблюдения говорили в пользу этого предположения: последующие же, более точные разыскания *Шюблера*[112] привели к заключению диаметрально противоположному. Различия температуры ствола и ветвей, с одной стороны, и воздуха — с другой, оказались обусловленными главным образом дурною теплопроводностью древесины и коры. Для исследования температуры этих частей растения закреплялись наглухо в вырезанные в горизонтальном направлении углубления чувствительные термометры. *Бекерель* определял, кроме того, температуру растений посредством термоэлектрического прибора, погружая одну иглу в живое растение, а другую в отмершее.

Из позднейших работ над температурой стволов и ветвей заслуживают внимания следующие: *Becquerel*. C. R. 47 (1858); 717 и 50; 136 (1860); *Krutzch*. Chem Ackersmann 1858; 151.

Дютроше[113] справедливо заметил, что добытые этим путем данные не пригодны для решения вопроса об образовании тепла в растении потому, что древесина представляет ткань почти отмершую, температура которой в значительной степени обусловливается температурой почвенной воды, поднимающейся по древесине из корней в верхние части растения.

По мнению *Дютроше*, самонагревание в растениях может проявляться только в молодых нарастающих частях, в которых происходит наиболее интенсивный обмен веществ. С этой целью он исследовал посредством весьма чувствительного термоэлектрического прибора температуру зеленых нарастающих побегов Euphorbia Lathyrus, Helianthus annuus, Asparagus oficinalis и некоторых других растений. При устранении испарения, от которого температура побега понижалась ниже температуры окружающего воздуха, *Дютроше* удалось убедиться в самонагревании листоносных побегов нескольких растений. Повышение температуры не превышало, однако, $^1/_3$° C. *Дютроше* открыл, кроме того, суточную периодичность самонагревания с максимумом нагревания между 10 часами утра и 3 часами пополудни. У некоторых растений ему удавалось наблюдать суточную периодичность в продолжение нескольких дней даже в том случае, если они оставались в темноте; с каждым днем, однако, самона-

---

перт отрицает развитие тепла растениями; в самом нагревании растений он убедился впоследствии и изложил новый взгляд на эти явления в сочинении Ueb. d. Wärmeentwickelung i. d. lebenden Pflanze. 1832 (Wien); из этого сочинения заимствованы приведенные мною наблюдения.

[112] *Schübler*. Beobacht. ü. d. Temperatur d. Vegetabilien. Inaug. Dissert. 1826.

[113] *Dutrochet*. Ann. d. Sc. Nat. Ser. 2; T. 13; 15 и 16 (1840).

гревание убывало и через некоторое время пропадало бесследно. Опыты эти требуют тщательной проверки.

Определений температуры листьев произведено очень мало; *Дютроше* приводит только наблюдения над листом Sempervivum tectorum, в котором повышение температуры достигло не более 0,03° С. Несколько большее нагревание (до 0,25° С) наблюдал *Фан-Бек* в листьях Sempervivum spatulatum и Sedum cotyledon [114].

III. ПИТАНИЕ ЦВЕТОВ И ПЛОДОВ

Питание цветов и плодов происходит, как увидим ниже, также за счет органических соединений, заранее для них приготовляемых в других частях растений. Зависимость разрастания цветов и плодов от пластического материала, вырабатываемого на свету при посредстве листьев, удалось вполне выяснить *Саксу* [115] посредством следующих опытов.

Он нашел, что у некоторых растений (Hyacinthus, Tulipa, Iris, Crocus) цветочные почки могут разрастаться в темноте и образовать цветы не только нормальной величины и формы, но даже и яркоокрашенные. Из пигментов не получалось в темноте только хлорофилла. У других растений (Brassica, Tropaeolum, Papaver, Cucurbita), напротив того, по перенесении в темноту цветочные почки замирали и отпадали.

Ближайшее рассмотрение этих растений обнаружило причину различного отношения их к свету: к первой категории, т. е. к растениям, способным образовать цветы в темноте, оказались принадлежащими гиацинт, тюльпан и подобные им луковичные растения, снабженные в луковице достаточным запасом пластического материала для образования цветов; ко второй — растения, у которых цветочные почки разрастаются на счет органических соединений, усваиваемых растением при посредстве листьев во время развития цветов. В темноте цветочные почки погибали вследствие недостатка пластического материала для их развития.

Для проверки этого положения *Сакс* произвел несколько взаимно контролирующих опытов над некоторыми растениями из второй категории. Несколько экземпляров растений были заключены в темный приемник таким образом, однако, что цветочные почки оставались на свету; почки эти засыхали и отваливались столь же быстро, как у контрольных растений, оставленных в темноте. Напротив того, в опытах, где все растение было оставлено на свету и только цветочные почки находились в темноте, не только образовались цветы нормальных размеров и окраски (за исключением зеленой), но и получались полузрелые плоды значительного веса.

Вполне нормальное развитие цветов (за исключением зеленой окраски в тех местах, которые окрашены хлорофиллом на свету) получилось

---

[114] *Dutrochet.* L. c., p. 80 (в примечании).
[115] *Sachs.* Bot. Zeit. 1863. Beilage; и Bot. Zeit. 1865, p. 117.

у Tropaeolum majus, Cheiranthus Cheiri, Phaseolus multiflorus, Antirrhinum majus, Ipomaea purpurea, Petunia, Veronica speciosa и Cucurbita Pepo. Наиболее сильное разрастание обнаружило последнее растение: в одном из опытов образовался даже полузрелый плод в 12 см длины и весом в 472,5 г; в нем найдены были 35 полузрелых семяпочек с несомненными зачатками зародышей. Затенив верхушку стебля с цветочной почкой у Papaver somniferum, *Сакс* получил зрелый плод с 500 семечками.

Соответствующий результат дали *Мюллеру-Тюргау* опыты над созреванием винограда; ветви виноградной лозы были введены в темный приемник на восьмой день по окончании цветения и оставались в темноте до созревания ягод. Несмотря на полное отсутствие света, ягоды развились нормально; зеленые сорта отличались от ягод, выросших на свету, только бледно-зеленой окраской; синие сорта ничем не отличались от нормальных. Единственное отличие, которое удалось обнаружить во всех ягодах, выращенных в темноте, заключалось в более нежной кожице и несколько меньшем количестве соединений, нерастворимых в воде.

Процессы питания, совершенно аналогичные прорастанию семян и вегетативных почек, наблюдаются весною при распускании зимующих цветочных почек; необходимый для их развития запасной материал, заготовленный в предшествующий период вегетации, находится отложенным частью в них самих, частью в ближайших междоузлиях ветвей.

Исследуя распускающиеся мужские сережки ивы и тополя, *Бородин* и я [116] открыли в них временное отложение крахмала, совершенно сходное с образованием крахмала, найденным *Саксом* в проростках маслянистых семян. Подобно маслянистым семенам, сережки ивы и тополя до начала разрастания не содержали вовсе крахмала; в ветвях нашли мы его весьма мало и притом только в сердцевине; остальные ткани были свободны от крахмала. Если срезать ветвь с сережками или даже только сережку и погрузить при комнатной температуре нижним концом в воду, влажную землю или песок, то уже через сутки удается найти в них крупинки новообразованного крахмала. В первые 3 или 4 суток количество крахмала быстро возрастало; образование его обнаруживалось раньше всего в основании сережки и постепенно переходило на верхние ее части. Переполненная крахмалом сережка по наружному виду ничем еще не отличалась от сережек, оставленных на дереве; только несколько времени спустя она начинала разбухать и разрастаться. По мере того как объем ее увеличивался, количество находящегося в ней крахмала начинало убывать, и через некоторое время ткани сережки оказывались вновь лишенными крахмала. Нам удалось наблюдать одновременное появление крахмала в прилегающих к мужским сережкам междоузлиях ветвей, в зернах плодотворной пыли, а также и в вегетативных почках и женских сережках ивы и тополя. Совершенно зрелые зерна плодотворной пыли содержали еще много крахмала, который, по всему вероятию, исчезал из них не раньше начала прорастания их в цветневые трубки. Сходное образование и временное отложение крахмала в отрезках раз-

[116] *Famintzin u. Borodin.* Bot. Zeit. 1867, p. 384.

личных деревьев, срезанных зимой или весной перед распусканием почек, наблюдал *Рейхардт*[117].

Этими немногими данными ограничиваются наши сведения о химических процессах, происходящих внутри почек и цветов при их развитии.

Созревание плодов было также предметом неоднократных исследований.

Всего больше работ имеется над созреванием винограда. В 1859 г. произведен был мною химический анализ ягод винограда в 12 последовательных порциях, снятых с лозы между 17 июля и 14 октября[118]. Главнейшие результаты работы заключались в следующем: виноградный сок постоянно обнаруживал кислую реакцию; вначале он содержал много дубильных веществ, большое количество щавелевой кислоты, виннокаменную кислоту и яблочную частью в свободном состоянии, частью виде солей калия и кальция; в нем заключались в это время лишь следы сахара. Щавелевая кислота исчезала вскоре после цветения из сока бесследно; постепенно убывало и содержание дубильного вещества. Напротив того, количества яблочной и виннокаменной кислот продолжали прибывать в соке в продолжение нескольких недель; затем, однако, и их абсолютное количество начало убывать; ко времени созревания винограда оно уменьшилось приблизительно наполовину. Убыль эта исключительно обусловливалась исчезанием свободных кислот, в особенности яблочной кислоты; количество связанных кислот (в виде солей) возрастало, напротив того, до конца созревания. Вскоре после цветения в перикарпии обозначились два слоя ткани: внешний и внутренний, разъединенные сетью сосудистых пучков, ветвящихся в мякоти ягоды; клетки этих слоев тканей ясно различались по направлению наибольшего разрастания; клетки внутреннего слоя удлинялись преимущественно по направлению радиальному; клетки внешнего слоя — по тангентальному, параллельно поверхности ягоды. Оба слоя отличались и по химическому составу: внешний слой содержал дубильное вещество во все время развития ягоды до окончательного созревания винограда; во внутреннем оно исчезало вскоре после цветения.

Преобладающую составную часть виноградного сока созревших ягод составлял виноградный сахар. Мне удалось показать, что материалом для образования его послужил крахмал, накопляющийся в продолжении нескольких недель, предшествующих созреванию, в разветвлениях виноградной кисти и в ножках ягод. Перед началом созревания все паренхиматические клетки коры и сердцевины ножки и разветвлений кисти оказались переполненными крахмальными зернами; в самой ягоде ни разу не удавалось мне открыть и следа крахмала, несмотря на многократные наблюдения, производимые специально с этой целью.

Особенно замечательным оказалось совпадение в появлении сахара в ягоде с исчезанием крахмала из клеток черешка и разветвлений вино-

[117] *Reichradt*. Land. Vers. 1871, Bd. 14, p. 329.

[118] *Фаминцын*. Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда. 1861; на немецком языке в Verhandl. d. naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. B. 2; 177.

градной кисти. Ко времени полного созревания ягод крахмала вовсе не оказалось в ветвистой ножке кисти; он весь перешел в ягоды в виде виноградного сахара.

Результаты, полученные мною касательно: 1) присутствия в начале созревания дубильного вещества и вышепоименованных кислот; 2) быстрого исчезания дубильного вещества; 3) уменьшения всего количества кислот ко времени созревания; 4) перехода свободной виннокаменной кислоты в калийную соль и 5) исчезания значительного количества яблочной кислоты, вполне подтвердились разысканиями *Портеле*[119]. Согласные результаты получил *Мах*[120]. Образование сахара из крахмала, отложенного в ветвистой ножке виноградной кисти, также подтвердилось исследованиями *Гильгерса*[121]. Ввиду показаний *Мюллера-Тюргау* и *Маха* относительно постоянного присутствия в листьях винограда значительного количества глюкозы остается нерешенным: достигает ли она непосредственно ягод или же предварительно на время до созревания винограда отлагается в стебле, ветвях, а также и в ножке кисти в виде крахмала. К сожалению, я не нахожу ни в своей работе, ни у других исследователей точных показаний о содержании крахмала в древесине и коре ветвей, несущих виноградные кисти; эти наблюдения были бы тем более желательны, что едва ли можно предположить, чтобы в черешке заключалось количество крахмала, достаточное для образования всего сахара зрелой кисти.

О созревании винограда см. также Petit. C. R. 69; 760 (1869) и Neubauer. Land. Vers. 1869, p. 416 и 1871, p. 120.

В этих работах главным образом обращено внимание на определение количества сахара и кислот при созревании винограда.

В следующих статьях: Neubauer. Ann. d. Oenol. 4; 490 (1874) и 5; 343 (1875) (см. Jahresb. d. Agr. Chem. 1875—76, p. 318) и Cerletti. Jahresb. d. Agr.— 1875—76, p. 317) находится, между прочим, подтверждение моих наблюдений касательно отсутствия крахмала в ягодах винограда.

Кроме винограда, исследовано, хотя и в меньшей степени, созревание яблок и груш *Драгендорфом*[122] и *Портеле*[123].

Портеле нашел, что в грушах и яблоках абсолютное количество кислоты возрастает до конца созревания; также вплоть до созревания увеличивалось в них и содержание сахара, притом с преобладанием левулозы, между тем как в винограде преобладает декстроза.

По наблюдениям *Пфейля*[124], в яблоках и грушах приток твердых веществ прекращается за несколько времени до созревания; вслед за

---

[119] *Portele C.* Weinlaube, 1879. (Just. Jahresb. 1879; 289).
[120] *Mach.* Ann. d. Oenologie B. 6, 409 (из Ann. d. Oenol. B. 6. H. 4 (Congress u. Kreuchnack. p. 6). (Just. Jahresb. 1877; 716).
[121] *Hilgers.* Jahr. d. Agric. Chem. XVI; 11, 249 (1873).
[122] *Dragendorff.* Arch. f. Naturkunde Liv., Est-u. Kurlands B. 8. Lief. 2. 1878 (Dorpat).
[123] *Portele.* Biedermanns Centralblatt. 1879, p. 123. (Just. Jahresb. 1878, 607).
[124] *Pfeil.* Диссертация в Дерпте. (1880). (Jahr. d. Agr. Chem. 1875—76, p. 313).

этим наступает период самостоятельной переработки веществ внутри плода; в это время количество кислот в плоде убывает.

Созреванием слив занимался *Меркаданте*[125]; по его мнению, сахар образуется из яблочной кислоты, содержание которой убывало значительно ко времени созревания; он предполагает, что это превращение совершается согласно следующему уравнению:



$$6(C_4H_6O_5)+6O_2=12CO_2+6H_2O+2C_6H_{12}O_6.$$

Тщательная проверка показания *Меркаданте* весьма желательна ввиду того, что подобные же предположения, высказанные неоднократно касательно образования сахара в винограде, как мы видели, не подтвердились.

Исследования над химическими метаморфозами в созревающей оливке, направленные преимущественно на разъяснение процесса накопления масла в перикарпии, не привели еще к определенным результатам. В одном только пункте показания сходятся: *Лука*[126], *Гарц*[127], *Руссиль*[128] и *Фунаро*[129] признают, что оливковое масло образуется внутри самого плода, а не в других органах растения. *Фунаро* поставил себе, кроме того, задачей выяснить, насколько находится в связи с образованием масла маннит, вырабатываемый листьями оливки; доказать этой связи ему, однако, не удалось, хотя и оказалось, что время образования маннита в листьях, продолжающееся с ноября по март, совпадает с периодом накопления масла в оливках и их созреванием.

В семенах Brassica oleifera, которые в зрелом состоянии содержат громадное количество масла, *Негели*[130] нашел обильное отложение крахмала в стадии, предшествующей созреванию; наблюдение это, по-видимому, свидетельствовало в пользу предположения касательно образования масла из крахмала, но *Негели* не считает возможным с достоверностью заключить на основании одного этого указания о непосредственном превращении крахмала в масло.

Дыхание цветочных почек, а также и отделенных от цветов лепестков было исследовано *Муасаном*[131]; оно оказалось в той же мере зависимым от температуры, как дыхание проростков и листоносных побегов: 5 г почек Aesculus Hippocastanum выделяли в продолжении 21 часа при температуре 15° C 10,29 $см^3$ углекислоты; при 36° C — 20,24 $см^3$; объемы обмениваемых газов — кислорода и углекислоты — оказались приблизительно равными. 10 г лепестков Iris germanica выделили в продолжение 10 часов при температуре 13° C всего 5,44 $см^3$ углекислоты; при температуре 19° C получился почти двойной объем = 10,34 $см^3$. При этом обмен

---

[125] *Mercadante.* Guz. chem. ital. t. 5; 125. (Just. Jahresb. 1876, 796).
[126] *De Luca.* C. R. 53; 813 (1861).
[127] *Harz.* Ann. d. pract. Pharm. 19; 161.
[128] *Roussille.* Biedermanns Centralblatt. 1879; 131. (J. J. 1878; 607).
[129] *Funaro.* Lavori del Lab. di Chim. Agraria. Pisa. Fasc. 1; 1879; и Land. Vers. 25; 52 (1880).
[130] *Nägeli.* Sitz. Ber. d. Münchn. Ak. B. 287, 1879.
[131] *Moissan.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6. T. 7. 314 и 307 (1879).

газов происходил не в равных объемах: $CO_2/O=0{,}64$; по мере продления опыта отношение это приближалось к единице.

Некоторые цветы особенно ясно обнаруживают повышение температуры при усиленном дыхании. Уже *Губертом* было указано на связь самонагревания початка Colacasia odora с поглощением кислорода. Ему удавалось вызвать охлаждение нагревшегося початка, преграждая доступ кислорода; для этой цели оказывалось достаточным обернуть початок холстом, пропитанным маслом, обвязать его пузырем или обмазать поверхность его слоем меда или жидкого крахмала.

Уже *Соссюром*[132] добыты были интересные данные относительно дыхания цветов и связанного с ним повышения температуры. Предметом наблюдений послужили главным образом початки различных Aroideae. Початок Aroideae представляет мясистую ось, на которой отдельными поясами сидят скученные цветы тычинковые и пестичные; в верхней части ось початка расширена в виде булавы и свободна от цветов.

Дыхание и нагревание початка достигали максимума ко времени раскрывания цветов; до этого початок оставался холодным и поглощал сравнительно мало кислорода: в продолжение суток потреблялся объем кислорода, превосходивший объем початка раз в 5 или 6. Совершенно иное обнаружил подобный отрезок початка в 6,6 см^3, помещенный ко времени распускания цветов в приемник над ртутью в 1000 см^3 воздуха. В первые 24 часа он поглотил почти весь бывший в приемнике кислород (200 см^3) и выделил взамен равный объем углекислоты; количество поглощенного кислорода превосходило, следовательно, в 30 раз объем початка. В следующие сутки дыхание опять уменьшилось до того, что объем поглощенного кислорода равнялся, как и прежде, только пятерному объему початка. Для исследования дыхания отдельных частей початка *Соссюр* разрезал ко времени распускания цветов початок на четыре части: на околоцветник, булавовидный конец оси, на пояс с тычинковыми и пояс с пестичными цветами; каждая из этих частей была помещена в отдельный приемник над ртутью в 1000 см^3 воздуха. Выражая объем кислорода в единицах объема исследуемой части початка, *Соссюр* получил следующие цифры:

Arum maculatum	
Околоцветник поглотил в 24 часа объем кислорода, превосходящий собственный объем в	5 раз
Булавовидная часть початка в	30 раз
Отрезок с тычинковыми и пестичными цветками в	132 раза
Arum Drocunculus	
Околоцветник в	1/2 раза
Булавовидная часть початка в	26 раз
Отрезок с тычинковыми цветками в	35 раз
Отрезок с пестичными цветками в	10 раз

[132] *Saussure.* Ann. d. Sc. Nat. T. 21; 285. (1822).

Особенно резкое различие в напряжении дыхания обнаружили различные части початка Arum maculatum. Гораздо меньшая разница оказалась в початке Arum Dracunculus. В обоих наиболее сильное дыхание обнаружилось в отрезке с тычинковыми цветами; наиболее высокая температура оказалась в булавовидной вершине початка. С первого взгляда может показаться странным отсутствие совпадения максимума поглощения кислорода с максимумом нагревания; этот факт становится понятным, если иметь в виду, что степень нагревания органа не может служить мерилом образованной тепловой энергии даже в том случае, если она не превращалась бы в энергию другого рода и не производила работы. Приложенный к початку термометр или вложенная в него термоэлектрическая игла укажут нам только на разность между тепловой энергией образованной и теряемой через лучеиспускание и испарение воды. Из сравнения нагревания различных частей растения в опытах *Соссюра* нельзя поэтому заключать о количестве образуемой ими тепловой энергии.

Самое сильное нагревание початка наблюдал *Губерт*[133]; термометр, помещенный среди пяти связанных початков Colocasia odora, показывал до 44° С, в то время как температура воздуха равнялась 19° С; окруженный 12 початками, он показал 49,5° С, т. е. температуру, на 30° превышающую температуру воздуха.

Последующие исследования над нагреванием початка различных Aroideae были производимы частью вышеописанными способами, частью по способу *Дютроше*[134] посредством термоэлектрического аппарата. Наиболее выдающиеся работы принадлежат *Вролику* и *Фризе*[135], *Бееку* и *Бергсма*[136] и *Дютроше*[137].

Вролик и *Фризе* нашли, что в атмосфере азота прекращается развитие початка и не происходит вовсе нагревания. Замечательно, что в приемнике с азотом они не нашли и следов выделенной углекислоты. Совершенно противоположное обнаружилось в атмосфере чистого кислорода.

В общем получились результаты согласные; всеми вышеназванными исследователями наблюдалась суточная периодичность самонагревания початка с той, однако, разницей, что максимум и минимум температуры початка наступали в различные часы даже у неделимых одного и того же вида. По наблюдениям *Дютроше*, суточная периодичность сглаживалась постепенно у растений, оставленных в темноте; при перенесении их на свет она вновь проявлялась. О самонагревании растений см. также *Schmitz*. Ueb. d. Eigenwärme d. Pflanzen. 1870.

Сабанин и *Лясковский*[138] исследовали дыхание маслянистых плодов рапса и мака, определяя посредством аппарата *Мейера* количество кисло-

---

[133] *Sachs*. Experimental Physiologie, p. 296 (1865).
[134] *Dutrochet*. Ann. d. Sc. Nat. S. 2. T. 13; 1 (1840).
[135] *Vrolik u Vriese*. Ann. d. Sc. Nat. S. 2; t. 5; 142 u. S. 2. T. 11; 27. S. 2. T. 14, 359.
[136] *Beek et Bergsma*. Observ. thermoelectriques s. l'élévation d. température d. fleurs de Calocasia odora. 1838.
[137] *Dutrochet*. L. c.
[138] *Sabanin u. Laskowksy*. Land. Vers. 21, 195 (1878).

рода, поглощаемого во время всего периода их развития, вплоть до достижения полной зрелости. Вычислив количества кислорода, поглощаемые в продолжение 24 часов 1 г сухого вещества, они нашли, что по мере созревания плодов поглощение кислорода убывало, как видно из прилагаемой таблички:

Номера порций		Мак, $см^3$ кислорода	Рапс, $см^3$ кислорода
1	1 г сухого вещества поглотил в 24 часа	63,98	45,53
2	То же	21,14	49,10
3	»	16,97	25,81
4	»	16,57	9,71
5	»	15,93	11,17
6	»	14,27	13,90
7	»	11,06	8,12
8	»	5,74	—

Наиболее энергичное поглощение кислорода проявилось у мака с самого начала; у рапса — некоторое время спустя после цветения. Крахмал оказался исчезнувшим из плодов обоих растений в очень ранней стадии развития; максимум дыхания появился незадолго до исчезания крахмала, так что и в этом случае дыхание оказалось в связи с присутствием крахмала в растении. Только после исчезновения крахмала обнаружилось в плодах накопление жирных тел, образуемых, по всему вероятию, через распадение белковых соединений. К сожалению, авторы не упоминают, производили ли они опыты на свету или в темноте.

IV. ПИТАНИЕ ЛУКОВИЦ, КЛУБНЕЙ И КОРНЕЙ

Питание луковиц, клубней и корней совершенно почти не исследовано; известно только, что они разрастаются исключительно на счет органических соединений, приготовляемых надземными частями растений, и что при этом поглощают кислород и выделяют углекислоту.

Подобно семенам, они служат местом временного отложения запасных веществ, предназначенных для развития сидящих на них почек.

О химическом составе тел, отлагаемых в этих частях растений, имеются следующие немногие данные.

В клубне картофеля Шульце и *Барбьери*[139] нашли, кроме белковых тел, весьма значительное количество других органических азотистых соединений, между которыми преобладал аспарагин; на присутствие его в клубнях картофеля давно уже указал *Вокелен*, а за ним *Гирш* и *Лудвиг*, но количественного определения ими сделано не было. *Шульце* и *Барбьери* анализировали отдельно выжатый сок и оставшуюся твердую массу клубня; белковые тела были выделены из сока, подкисленного несколь-

[139] *Schulze u. Barbieri.* Land. Vers. 21; 63 (1877).

кими каплями уксусной кислоты, нагреванием жидкости до кипения. Свернувшийся белок был удален фильтрованием; содержание белковых тел в соке определялось из разности азота в жидкости до и после выделения белковых тел. В фильтрате был найден из азотистых соединений почти исключительно аспарагин; присутствие глютамина доказать не удалось.

Процентное содержание азота азотистых соединений, оставшихся в жидкости по удалении белковых тел, оказалось весьма значительным. Предполагая даже, что весь азот твердой массы, отделенной от сока прессованием, находился в виде белковых тел, *Шульце* и *Барбьери* пришли к заключению, что средним числом 43,8% всего азота клубня заключалось в азотистых небелковых соединениях.

В последующей работе *Шульце* и *Барбьери*[140] открыли в клубне картофеля, кроме аспарагина, небольшие количества лейцина и тирозина.

Запасные вещества корня свеклы отличаются тем, что вместо крахмала содержат тростниковый сахар и что белковые тела заменяются амидами, преимущественно глютамином. По исследованиям *Виолета*[141], в корне свекловицы количество сахара возрастает по направлению от шейки корня к основанию. Минеральные же вещества обнаружили одинаковое содержание по всей оси корня; только хлористые щелочи, согласно показанию *Пелиго,* находились в большем количестве в верхней части корня, близ шейки. Из тканей свекловицы паренхима оказалась более богатой минеральными соединениями, чем сосудистые пучки.

Азотистые запасные вещества кормовой свеклы были расследованы *Шульце* и *Урихом*[142]. В первой работе они показали, что если принять весь азот твердой массы свеклы за составную часть белковых тел, то в исследованных ими сортах приходится от 34,0 до 47,7% азота на амиды и от 21,6 до 39,8% азота на белковые тела. Кроме амидов, они нашли в свекле бетаин. В следующей работе им удалось точнее определить состав амидных соединений; их оказалось два: глютамин и аспарагин, последний в незначительном количестве.

Прилагаемые таблички заключают сообщенные *Шульцем* и *Барбьери* числовые данные.

В свежем корне свеклы оказалось в 1874 г.:

Растворимых белковых тел	0,2306%	с	0,0369%	азота
Нерастворимых	0,0950	»	0,0152	»
Глютамина (и аспарагина)	0,4066	»	0,0780	»
Бетаина	0,1359	»	0,0161	»
Азотной кислоты	0,3363	»	0,0872	»
Аммиака	0,0080	»	0,0066	»
Всего			0,2400%	»

---

140 *Schulze u. Barbieri.* Land. Vers. 24; 167 (1880).
141 *Violette.* C. R. T. 79. 899 (1870).
142 *Schulze u. Urich.* Land. Vers. 18; 296 (1875) и 20; 193 (1877).

В 1875 г.:

Растворимых белковых тел	0,1413%	с	0,0226%	азота
Нерастворимых	0,1023	»	0,0164	»
Глютамина (и аспарагина)	0,4425	»	0,0847	»
Бетаина	0,0226	»	0,0027	»
Азотной кислоты	0,2483	»	0,0644	»
Аммиака	0,0085	»	0,0071	»
Всего			0,1979%	»

Из сличения этих двух табличек видны колебания в содержании азотистых соединений в свекле; свекла 1874 г. оказалась богаче бетаином и содержала, кроме того, больше растворимых белковых тел и азотной кислоты; напротив того, корень свеклы 1875 г. заключал большее количество глютамина.

Подобно семенам луковицы, клубни и корни заключают аморфные ферменты; по крайней мере, *Крауху*[143] удалось показать присутствие подобного фермента ко времени прорастания в клубне картофеля; в луке (Allium Cepa L.) он нашел фермент не только в нарастающих частях, но и в луковице до начала прорастания.

Весьма любопытные данные сообщают *Шульце* и *Урих*[144] о передвижении азотистых соединений при прорастании корня свеклы; они ограничились, однако, только расследованием передвижения и метаморфоз азотистых соединений в первое время развития стеблевого побега. Для устранения влияния почвы культуры были произведены в прокаленном и промытом песке, который поливали дистиллированной водой. По достижении побегами 50—55 см длины в корне оказалась значительная убыль амидов, обусловленная, по мнению *Шульце* и *Уриха*, передвижением амидов в нарастающие побеги. Процентное содержание азота в виде амидов в корне было найдено равным

		До прорастания	После образования побегов	Разница
Опыты:	№ 1	0,0873	0,0340	0,0533
	№ 2	0,0672	0,0214	0,0458

Амиды определялись в целом корне или же в отдельных кусках его, вырезаемых в разное время из одного и того же корня. Замечательно, что в первое время прорастания не обнаруживалось в корне убыли ни белковых тел, ни азотной кислоты; из азотистых веществ перемещались в нарастающие части, по-видимому, одни амиды. В то же время оказалось, что, несмотря на значительное богатство побегов азотом (до 5,69%), амидных соединений в них находилось весьма мало; только 0,048 г азота найдено было в виде амидных соединений. На основании этих фактов

---

[143] *Krauch.* Land. Vers. 23; 77 (1879).
[144] *Schulze u. Urich.* Land. Vers. 20; 214 (1877).

должно заключить, что при прорастании свеклы амидные соединения корня передвигаются в молодые побеги и подвергаются в них переработке в другие азотистые соединения, состав которых остался, однако, неизвестным; по аналогии с прорастающими семенами *Шульце* и *Барбьери* предполагают превращение в побегах амидных соединений в белковые тела.

Первые исследования над дыханием луковиц, клубней и корней произведены *Соссюром*[145]; он наблюдал, что луковица Lilium поглотила в 24 часа объем кислорода, равный 0,39 объема луковицы; клубень картофеля — 0,4 своего объема; морковь — объем кислорода, равный ее объему.

В последнее время дыханием луковиц занимался *Сант-Андре*[146]; он заставлял прорастать их под стеклянным колпаком над ртутью и пришел к следующим выводам: 1) луковицы в начале прорастания обнаруживают процессы, сходные с семенами; 2) вначале объем газа уменьшается вследствие преобладания поглощения кислорода над выделением углекислоты; 3) луковицы выделяют при этом азот (последний результат требует проверки).

Выделение углекислоты, сопровождающее поглощение кислорода, наблюдал *Гейнц*[147] на корнях свекловицы; он нашел, кроме того, что дыхание продолжается в них и зимою, и вычислил, что вследствие этого процесса теряется в продолжение зимы до 1% сахара.

По определению *Кове*[148], корни боба обнаруживают суточную периодичность в дыхании; ночью дыхание оказывалось менее энергичным, затем возрастало утром, достигало максимума около полудня и спадало вновь до следующего утра.

Дыхание корней Zea Mays и Phaseolus nanus исследовал *Зайкевич*[149]; опыты производились над растениями, выращенными в водном растворе солей; корни оставались погруженными в питательной жидкости, через которую во все время опыта пропускался воздух, лишенный углекислоты. Воздух, проходя через жидкость, увлекал углекислоту, выделенную корнями; углекислота задерживалась в склянке с баритной водой, помещенной между аспиратором и сосудом, заключавшим корни. Последний для поддержания постоянной температуры погружался во время опыта в большой цилиндр с водой. От света и нагревания солнцем корни были защищены посредством непрозрачного футляра. На основании целого ряда полученных числовых данных *Зайкевич* пришел к следующим выводам.

1. Энергия дыхания корней в течение суток не остается постоянной, но изменяется периодически, повышаясь днем и падая ночью. Максимум

---

[145] *Saussure.* Rech. chim. s. l. végétation, 1804.
[146] *Saint-André.* Annal. Agron. 3; 306. (Just. Jahresb. 1877; 112).
[147] *Heintz.* Zeitschrift f. d. Rübenindustrie 23, 196. (Just Jahresb. 1873, 358).
[148] *Cauvet.* Bullet. d. l. Soc. bot. d. France 27; 43 (1880).
[149] *Зайкевич.* Труды Общ. испыт. природы при Харьковском университете, 2; 17 (1878).

энергии дыхания наступает обыкновенно после полудня, минимум — после полуночи.

2. У растений, перенесенных в более слабый, рассеянный свет, энергия дыхания корней постепенно спадает, притом в растениях молодых быстрее, чем у растений, вполне развитых; у последних суточная периодичность сохранялась совершенно ясно и в рассеянном свете.

3. Перенесением растения из рассеянного света в ярко освещенное место удается снова повысить энергию дыхания корней.

4. Периодическое понижение температуры питательного раствора изменяет нормальный вид кривой дыхания и вызывает запаздывание полуденного максимума на несколько часов. Из вышеприведенных исследований обнаружилась в корнях зависимость энергии дыхания от количества запасного крахмала, совершенно подобная той, которую нашел *Бородин* у листоносных побегов. Особенно интересно согласие показаний *Кове* и *Зайкевича*, выразившееся ясно не только в открытии суточной периодичности, но и в точном совпадении часов максимума и минимума дыхания. Замечательно также, что открытая этими исследователями суточная кривая дыхания совпадает с суточной кривой самонагревания надземных частей растений, указанной Дютроше.

Работа, произведенная *Веском и Дегереном*[150] под дыханием корней Veronica speciosa и Hedera Helix, не представляет особого интереса. Исследованное ими поглощение кислорода и выделение углекислоты корнями было известно уже раньше. Остальные же результаты представляются сомнительными ввиду того, что, по-видимому, прибор с корнями не был вполне уединен от окружающей атмосферы. Кроме того, вся первая серия анализов газов, окружавших корни, не может быть принята во внимание вследствие манипуляций с газами над водой; при посредстве воды газы были вытеснены из прибора в эвдиометр, где над водой же измерялся их объем; прием этот тем более заслуживает порицания, что одной из главных задач анализа было определение количества выделенной корнями углекислоты.

Дыхание корней болотных и водяных растений было исследовано *Фрейбергом*[151] и оказалось гораздо менее энергичным, чем дыхание корней растений сухопутных.

V. ПИТАНИЕ НАСЕКОМОЯДНЫХ И ЗЕЛЕНЫХ ПАРАЗИТНЫХ РАСТЕНИЙ

В начале главы уже было указано, что растения по отношению к питанию обнаруживают существенное различие: одни сами приготовляют из неорганических соединений весь пластический материал, необходимый для построения их тела, между тем как другие могут развиваться лишь в том случае, когда находят по крайней мере некоторые из органических соединений уже готовыми; к первым относятся все хлорофиллоносные растения, ко вторым — растения, лишенные зеленой окраски. Резкой границы между этими двумя группами растений провести, однако, не

---

[150] *Vesque et Deherain.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6; T. 3; 327 (1876).
[151] *Freyberg.* Land. Vers. 23, 464 (1879).

удается; промежуточными звеньями являются некоторые хлорофиллоносные, имеющие способность питаться животной пищей, а также и паразитные растения зеленого цвета; те и другие могут, по всему вероятию, производить полный синтез органических соединений, подобно остальным зеленым растениям, и в то же время имеют способность питаться органическими соединениями, выработанными другими организмами.

Питание насекомоядных растений

Немногие открытия встречались с бóльшим недоверием, чем первые указания на способность некоторых растений ловить и поедать насекомых. Первое известие об этом открытии, сделанном *Дарвином,* было сообщено *Гукером* на съезде Британской ученой ассоциации в Бельфасте в 1874 г. *Гукер* заявил, что *Дарвину* удалось убедиться в питании некоторых растений не только насекомыми, но и другими веществами животного и растительного происхождения, например мясом или круто сваренным куриным белком.

Уже давно было известно, что Dionaea ловит насекомых листьями, вследствие чего оно и получило название Dionaea muscicapa, или D. muscipula (мухоловка). Защемление и задерживание насекомого листом мухоловки само по себе не могло еще служить доказательством питания ее насекомыми даже и в том случае, если пойманное насекомое оказалось бы через некоторое время мертвым и начало бы разлагаться. Разложение и растворение пойманного насекомого на листе мухоловки объяснялось одинаково удобно разложением его простейшими организмами (плеснями, бактериями и бродильными грибками). Это объяснение казалось тем вероятнее, что зародыши простейших организмов настолько распространены повсеместно, что только при самой тщательной установке опыта удается предохранить от них легко разлагаемые отмершие животные и растительные ткани. Сомнение это, однако, рассеялось при появлении в свет обширной книги *Дарвина* «Insectivorous plants» (1875).

Примечание. Книга эта переведена на немецкий *Карусом.*

Для выяснения процесса питания насекомыми необходимо предварительно ознакомиться вкратце с некоторыми насекомоядными растениями и со строением органов, посредством которых они ловят насекомых и затем переваривают их, подобно высшим животным.

Всего насекомоядных растений насчитывают в настоящее время до 30. Распределение их по семействам следующее.

Сем. Droseraceae. Сюда относится большая часть насекомоядных, именно Dionaea muscipula L., Drosera rotundifolia L., D. intermedia Hayn., D. longifolia L., D. binata Labill., Drosophyllum lusitanicum Lk., Aldrovanda vesiculosa L., Roridula dentata L., R. Gorgonias Harv., Byblis gygantea Lindl.

Сем. Cephaloteae: Cephalotus follicularis Labill.

Сем. Sarracenieae: Sarracenia purpurea L., S. Drummondi Cr., Darlingtonia californica Torr.

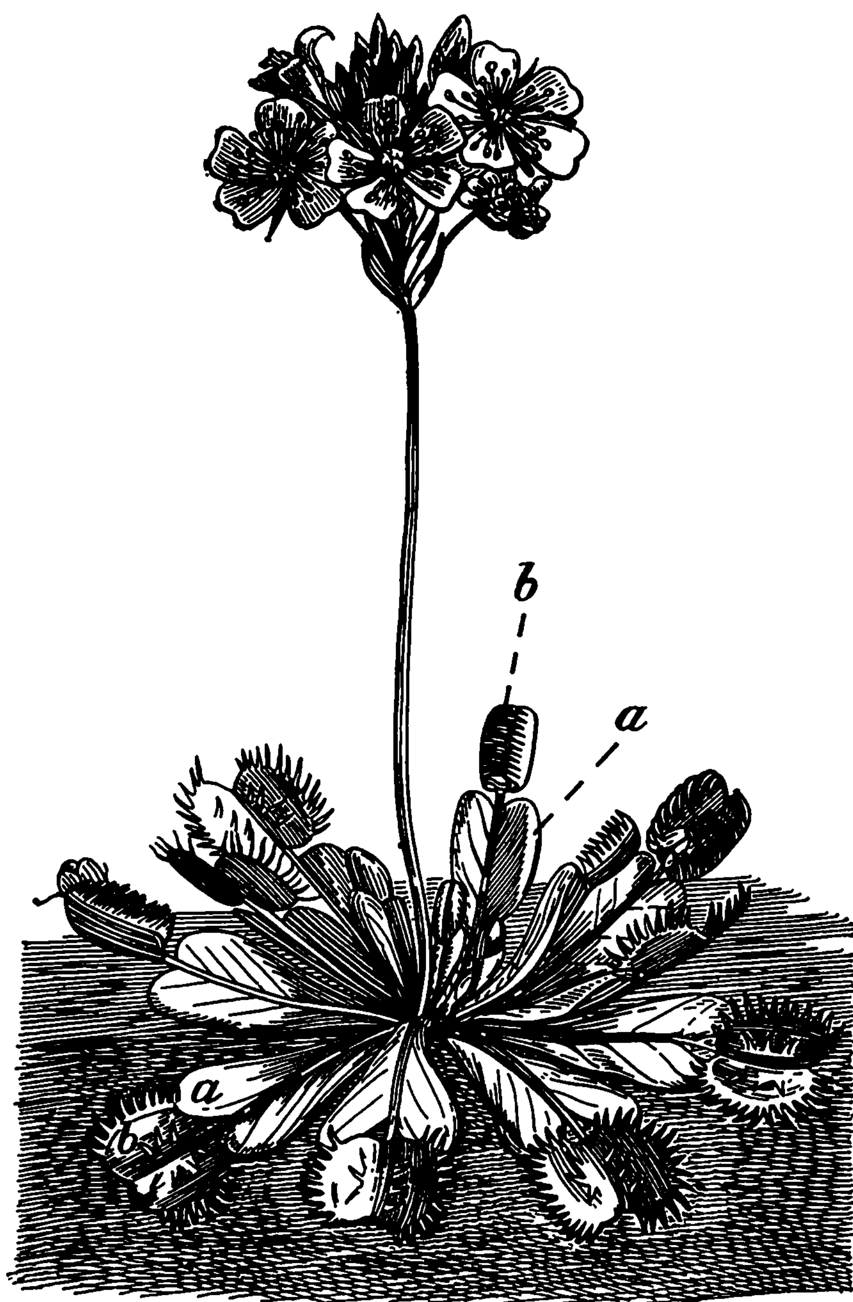


Рис. 40. Dionaea muscipula (в $^1/_2$ естественной величины) во время цветения. Расположенные розеткой листья окружают ножку с соцветием. В каждом листе можно отличить черешок (*a*) и пластинку (*b*)

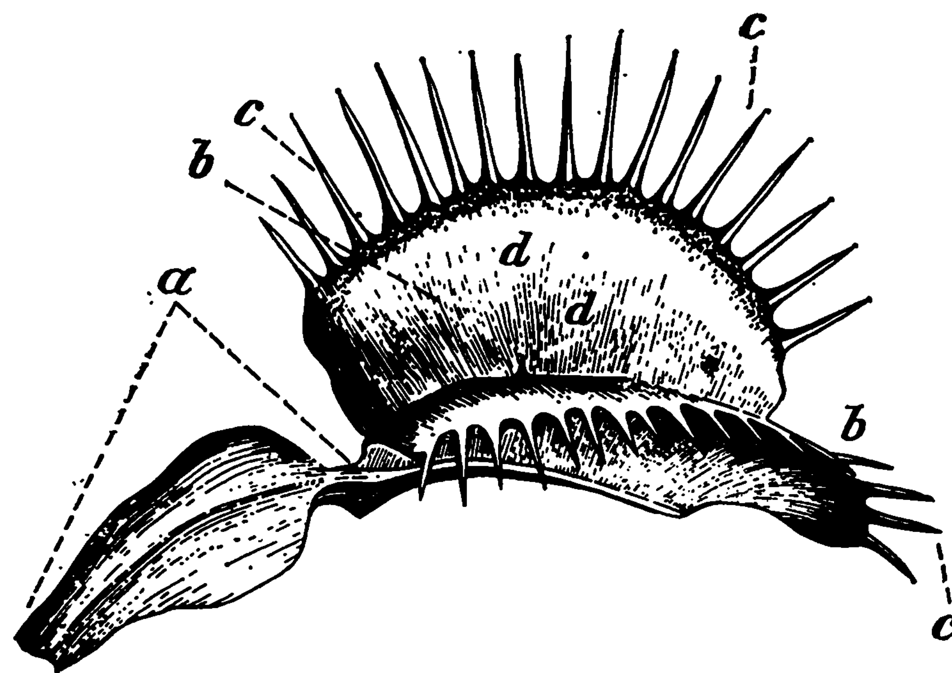


Рис. 41. Пластинка (*b*) листа Dionaea muscipula с частью черешка (*a*). Обе половинки пластинки раскрыты на 90°. По краям они усажены шипами (*c*); на верхней поверхности каждой из них видны чувствительные волоски (*d*)

Сем. Nepentheae: Nepenthes destillatoria L., N. madagascariensis Poir., N. ampullaria Jack., N. Phyllamphora Willd, N. gracilis Korth, N. Kennediana F. Müll.

Сем. Lentibularieae: Utricularia vulgaris L., U. minor L., U. neglecta Lehm., U. intermedia Hayn., U. gibba Gron., U. subulata L., Genlisea ornata Mart., Pinguicula vulgaris L., P. alpina L. и P. lutea Mich.

Из этого списка исключены растения, не вполне точно расследованные по отношению к питанию насекомыми. Я ограничусь здесь описанием наиболее известных и типичных насекомоядных: Dionaea muscipula, Drosera rotundifolia, Nepenthes destillatoria, Utricularia vulgaris.

Листья Dionaea muscipula сидят розеткой у основания укороченного стебля; черешок и листовая пластинка резко разграничены (см. рис. 40 и 41). Черешок (*a*), у основания циллиндрический, расширяется постепенно в пластинку; близ верхнего конца он опять делается циллиндрическим и переходит здесь в листовую пластинку (*b*), составленную из двух симметричных половин, которые при спокойном положении листа образуют между собой приблизительно прямой угол. Каждая из половинок пластинки с верхней стороны несколько вогнута; по свободному краю они усажены длинными и твердыми шипами (*c*); при складывании

листа шипы одной половины приходятся в промежутки между шипами другой.

От прикосновения постороннего предмета половинки пластины быстро складываются. Они не везде одинаково чувствительны к раздражению; наиболее чувствительными оказались, по исследованию *Дарвина,* волоски, которые в числе шести сидят симметрично на верхней поверхности пластинки, по три на каждой из ее половин (рис. 41). Малейшее прикосновение к ним, в особенности к основанию волоска, вызывает быстрое закрывание пластины; если раздражение вызвано насекомым, то оно не успевает улететь и оказывается пойманным. По строению волоски не представляют ничего особенного. В состав каждого из них входит много клеток; волоски эти конической формы в $^1/_{20}$ дюйма длины; у основания волосок значительно сужен; при замыкании пластинки каждый волосок отгибается у основания в сторону, не надламываясь.

Пойманное листом насекомое, желая высвободиться, делает усиленные движения, вследствие чего половины пластины все плотнее и плотнее прижимаются одна к другой; иногда они с такой силой сдавливают пойманное насекомое, что контур его отчетливо обрисовывается снаружи сложенного листа. Значение шипов, которыми усажены края листовой пластинки, *Дарвин* видит в том, что они преграждают выход крупному насекомому, предоставляя мелким формам, слишком ничтожным по количеству пищи, которое могло бы извлечь из них растение, возможность высвободиться до смыкания краев листа.

Если насекомое, причинившее раздражение листу, успеет высвободиться, то лист мухоловки начинает постепенно раскрываться и вновь занимает прежнее положение в ожидании новой добычи.

Дарвин заметил, что вскоре после поимки насекомого в промежутке между сложенными половинами пластинки накоплялась жидкость; исследуя верхнюю поверхность листа мухоловки, *Дарвин* нашел ее усеянной бесчисленным множеством мелких красных желёзок, едва видимых простым глазом, но легко различимых лупой. Каждая желёзка имела форму выпуклой пластинки, прикрепленной ножкой к листу; в состав желёзки входило от 20 до 30 клеток. Поверхность раскрытого листа представлялась постоянно совершенно сухой, не исключая самих желёзок. Лист оставался сухим и при складывании пластины, если раздражение производилось предметом, непригодным для питания, например кусочком стекла, камешком, кусочком сахара и т. п.; он вскоре раскрывался даже в том случае, когда предмет, вызвавший раздражение, оставался на листе. Совершенно иное обнаруживалось, по наблюдениям Дарвина, при раздражении листа мухоловки насекомым или каким-нибудь азотистым органическим веществом, например мясом или кусочком куриного белка. Спустя часа четыре после раздражения и складывания листа желёзки, соприкасающиеся с защемленной пищей, начинали выделять липкую жидкость; выделение постепенно охватывало и желёзки более отдаленные; высачивание из них жидкости происходило в столь большом количестве, что через некоторое время она переполняла все пространство между листом и пойманной добычей. Если в это время перерезать пла-

стинку поперек, то из вскрытой полоски ее вытекает жидкость большими каплями. В сложенном листе выделение жидкости продолжается непрерывно, пока он остается закрытым, в некоторых случаях до 24 дней сряду и прекращается только ко времени раскрытия листа.

Выделенная жидкость постоянно обнаруживала кислую реакцию; защемленные кусочки пищи превращались в ней в прозрачные полужидкие комочки и затем растворялись с поверхности, постепенно убывая в объеме; при самом тщательном исследовании не удавалось находить посторонних простейших организмов ни в просветлевших комочках пищи, ни в окружавшей их жидкости. Особенный интерес представляют сравнительные исследования *Дарвина* над действием выделенной мухоловкой жидкостью и пепсином на различные ткани животного и растительного происхождения; в реакциях их оказалась полнейшая аналогия: ткани, растворявшиеся в пепсине, растворялись и в жидкости листа Dionaea; ткани же, не перевариваемые пепсином, оставались неизмененными и в соке, выделенном мухоловкой.

Другой весьма любопытный пример насекомоядного растения представляет Drosera rotundifolia (росянка); она встречается большими массами на болотистых местах в окрестностях Петербурга и может служить поэтому для нас вполне доступным и более удобным объектом для исследования питания растений насекомыми, чем Dionaea, которая водится только в Северной Каролине и доступна весьма немногим.

Drosera rotundifolia представляет небольшое растеньице с укороченным стеблем и листьями, расположенными розеткой. Для ловли насекомых приспособлены, как вообще у всех насекомоядных растений, листья. Черешок листа постепенно переходит в округлую пластинку (рис. 42); насекомое, попавшее на пластинку листа, задерживается липкой жидкостью желёзок, которыми усеян лист; желёзки сидят не непосредственно на листовой пластинке, а помещены на более или менее длинных выростках, ножках. Желёзка красного цвета, овальная или шаровидная; желёзка с ножкою называется щупальцем. Средним счетом приходится, по наблюдениям *Дарвина*, около 200 щупалец на лист; он не встречал более 260 и менее 130. Щупальца срединной части листа в значительной степени отличаются от краевых; на средине листа щупальца имеют ножку сравнительно короткую и желёзку шаровидной формы. У краевых щупалец ножка гораздо длиннее, желёзка — эллипсоидальной формы и прикреплена к ножке не основанием, а боковой стороной. Щупальце имеет довольно сложное строение; ножка построена из нескольких рядов паренхиматических клеток; по оси ее тянется ряд трахеидов со спиральными утолщениями. Близ основания ножки они переходят непосредственно в сеть сосудистых пучков листовой пластины; дойдя до желёзки, они входят внутрь ее и образуют здесь, в центральной ее части, довольно значительное скопление трахеид. Трахеиды окружены отовсюду двумя-тремя слоями паренхиматических клеток; клетки наружных слоев содержат красный клеточный сок и выделяют липкую тягучую жидкость, которая постоянно покрывает поверхность желёзки сплошной каплей. На солнце желёзки блестят, как искорки, отливая красным цве-

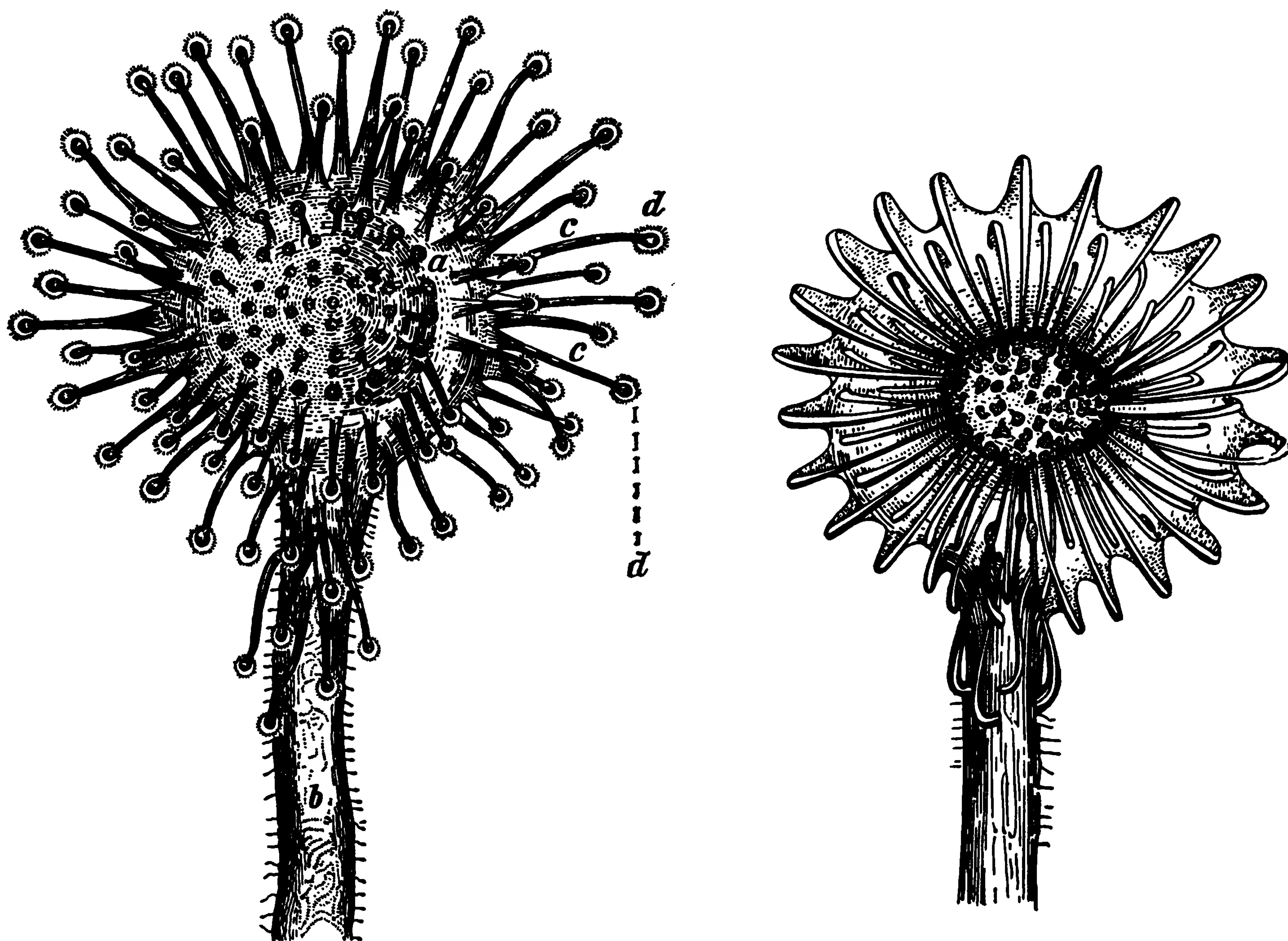


Рис. 42. Листовая пластинка (*a*) Drosera rotundifolia с частью черешка (*b*). Пластинка усажена щупальцами (*c*), заканчивающимися желёзками (*d*). Краевые щупальца длиннее центральных. Лист находится в спокойном состоянии и щупальца изображены в обыкновенном их положении

Рис. 43. Пластинка листа Drosera rotundifolia с комочком азотистой пищи в центре пластинки; все щупальца пригнуты к пище

том. В спокойном состоянии листа жидкость, выделяемая желёзками, имеет среднюю реакцию и только при раздражении листа делается явственно кислой. Несмотря на различие в строении, листья Drosera и Dionae оказались в главных чертах сходными в реакциях на раздражение. Насекомое, попавшее на лист Drosera, прилипает к каплям тягучей жидкости желёзок и задерживается ею. Стремясь высвободиться, насекомое раздражает желёзки, к которым пристало; желёзки реагируют на раздражение тем, что выделяют большее количество жидкости; капля на каждой из них становится крупнее и делается кислой.

Раздражение распространяется постепенно на смежные части листа и сказывается на щупальцах тем, что ножки их начинают загибаться в сторону насекомого; по мере увеличения изгиба щупальца желёзка приближается к насекомому, а через некоторое время приходит в непосредственное прикосновение с ним. Одновременно с изгибом щупалец замечается увеличение капли и появление кислой реакции в жидкости, по-

крывающей желёзку в то время, когда желёзка еще не прикасается к пище. Со временем все щупальца, включая и краевые, оказываются пригнутыми вершинами к месту, где случайно помещен кусочек пищи (рис. 43); под влиянием кислой жидкости, выделенной желёзками, бо́льшая часть тканей насекомого растворяется. Растворенная пища вместе с жидкостью желёзок всасывается листом. Затем щупальца распрямляются и занимают прежнее положение, а непригодные для питания остатки пищи спадают с листа. Совершенно подобным же образом происходит растворение и всасывание кусочка мяса, круто сваренного белка и всякой другой азотистой пищи.

Состав жидкости, выделяемой желёзками Drosera rotundifolia под влиянием азотистой пищи, исследован *Дарвином* обстоятельнее, чем у остальных насекомоядных растений. Он собрал ее с 445 листьев, промывая их дистиллированной водой; густое, слизистое выделение с трудом отделялось от листьев. Полученная жидкость была передана для анализа профессору *Франкланду*, который нашел в ней присутствие кислот жирного ряда — уксусной и масляной; ни серной, ни хлористоводородной, ни щавелевой, ни муравейной в ней не оказалось. Несколько иной состав приписывают этой жидкости *Реес* и *Виль*[152]; они рассматривают ее за смесь жирных кислот: муравейной, пропионовой и масляной. Желая определить, насколько кислоты жирного ряда могут заменить хлористоводородную, при посредстве которой пепсин в желудке животных переводит в раствор белковые тела, *Дарвин* сделал несколько сравнительных опытов и убедился, что жирные кислоты действуют слабее соляной кислоты. Обозначая количество белка, растворяемого смесью пепсина и соляной кислоты, через 100, он получил для кислот жирного ряда следующие цифры:

Для смеси пепсина и пропионовой кислоты	15,8
» » » масляной »	32,0
» » » валериановой »	21,4

Действие жидкости, выделяемой желёзками Drosera rotundifolia, на различные вещества животного и растительного происхождения представило полнейшее сходство с пепсином; в ней растворялись: белок, сырое мясо, фибрин, хрящ, кость, дентин, желатина, молоко, легумин, плодотворная пыль и некоторые другие тела; без изменения оставались: муцин, клетчатка, хлорофилл, жир, масло, клейстер.

Подобно тому как в мухоловке, только азотистые вещества оказались способными вызывать в листе росянки вышеописанные изгибы щупалец и выделение кислой жидкости желёзками. Безазотистые вещества, например капли гуммиарабикума четырех различных концентраций между $^1/_{73}$ и густым сиропообразным раствором, раствор сахара ($^1/_{70}$), клейстера, алкоголя ($^1/_7$) оливкового масла, отвар чая, не были в состоянии заставить изогнуться краевые щупальца. Из 64 листьев от азотистых

[152] *Rees u. Will.* Bot. Zeit. 1875, N 44.

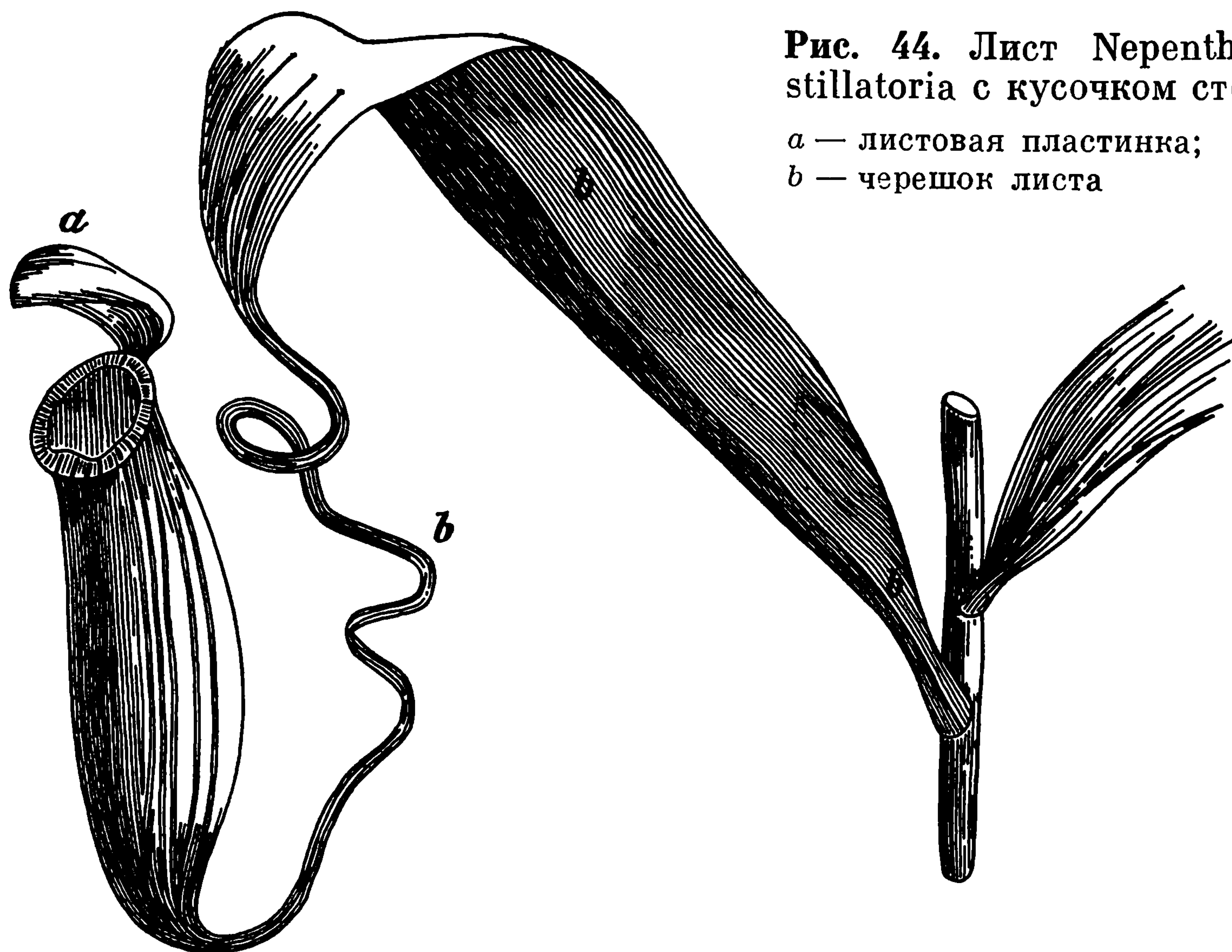


Рис. 44. Лист Nepenthes destillatoria с кусочком стебля

a — листовая пластинка;
b — черешок листа

веществ у 63 ножки краевых щупалец изогнулись; только на одном листе они остались прямыми, по мнению *Дарвина*, по той причине, что лист был уже старый; на 61 листе положены были различные безазотистые вещества; у всех без исключения ножки краевых щупалец остались прямыми.

Nepenthes destillatoria представляет небольшое растение тропических стран, покрытое листьями весьма оригинального строения (рис. 44). Пластинка (*a*) составляет лишь весьма малую часть всего листа; черешок (*b*) очень длинный, у основания цилиндрический, расширяется на значительном протяжении в узкую пластинку; затем вновь делается цилиндрическим, а на верхнем свободном конце вырастает в урночку, полую внутри; на верхнем краю урны прикрепляется в виде придатка листовая пластинка (*a*), прикрывающая вход в урну наподобие крышки.

В полости урны часто находят выделенную растением жидкость и множество погибших насекомых. Исследуя внутреннюю стенку урны, *Гукер* [153] нашел ее покрытой желёзками в нижней части; у Nepenthes Rafflesiana он насчитал до 3000 желёзок на пространстве квадратного дюйма. Жидкость, находимая в урне, оказалась выделяемой этими желёзками; в спокойном состоянии листа она имела среднюю реакцию и делалась кислою только при переваривании азотистой пищи. Растворяющей способностью жидкость Nepenthes превосходит, по *Гукеру*, выделения других насекомоядных растений.

Результаты *Гукера* были подтверждены *Горуп-Безанесом* [154] и *Вилем*. Они исследовали жидкость листьев Nepenthes phyllamphora и

[153] *Hooker*. Report of the 44th meeting of the Brit. Assoc. 1874; p. 102 of transactions of the sections. (Drude in Schenk Handbuch d. Botanik, p. 137).

[154] *Gorup-Besanez u. Will*. Ber. d. d. chem. Ges. 9; 673 (1875). (Naturf. 1876, 326).

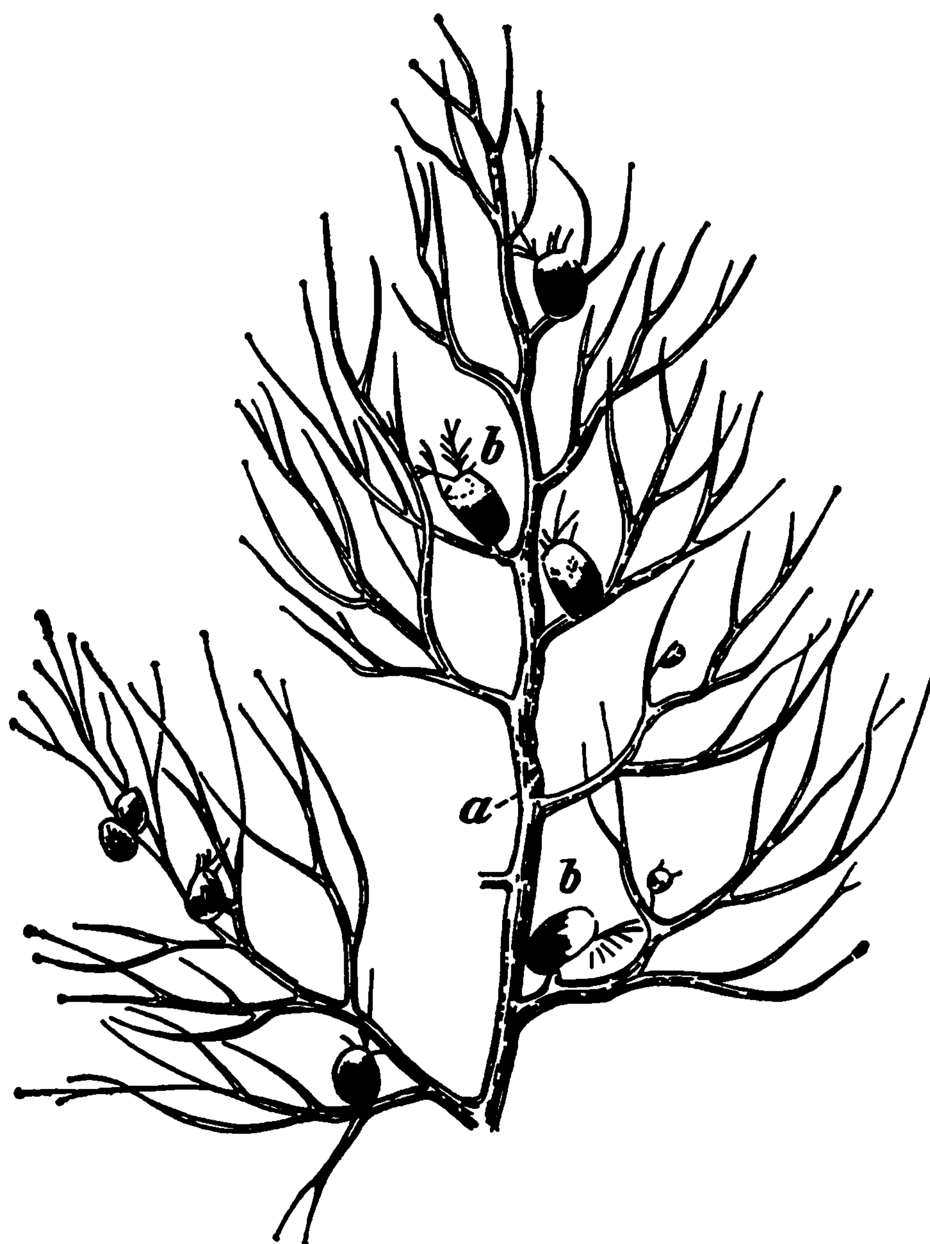


Рис. 45. Urticularia vulgaris, ветка (*a*) с мешкообразными вздутиями (*b*)

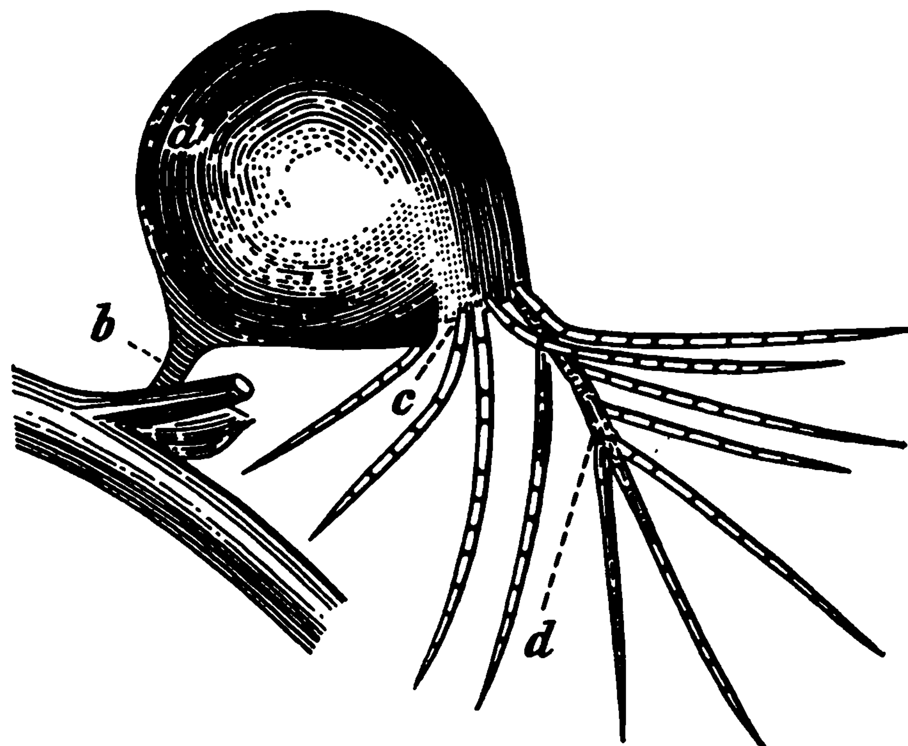


Рис. 46. Мешкообразное вздутие (*a*) Utricularia vulgaris, сильнее увеличенное

b — ножка; *c* — вход в полость мешка; *d* — ветвистые усики у входа в полость мешка

N. gracilis; жидкость, в которой находились насекомые, была собрана отдельно и оказалась кислой; жидкость же, добытая из листа, в котором насекомых не было, имела реакцию среднюю.

Кусочек разбухшего в очень слабой соляной кислоте фибрина из крови быка растворялся в кислой жидкости желёзок при 40° С в $^1/_2$ — 1 час; от прибавления нескольких капель соляной кислоты (в 0,2%) — через $^1/_4$ часа. В сравнительном опыте с пепсином обнаружилось растворение не более быстрое. Подобные же результаты дали опыты с куриным белком и легумином. Ввиду тождественного действия этого фермента с пепсином на белковые тела, а также и неспособности его, подобно пепсину, растворять крахмал (клейстер) *Горуп-Безанес* и *Виль* предложили назвать фермент Nepenthes *растительным пепсином.*

Сходные результаты получил касательно действия этого фермента и *Винес*[155]. Utricularia — водное растение, весьма обыкновенное в нашем климате. Его легко узнать по нитевидным глубоко разрезным лопастям листьев, на которых во множестве сидят мешкообразные вздутия зеленого цвета (рис. 45); внутри их обыкновенно удается находить пойманных маленьких рачков из рода Daphnis. Мешкообразное вздутие (рис. 46), полое внутри, имеет на верхнем конце отверстие, закрываемое плотно клапаном. Стенка мешка состоит из двух слоев клеток; внутренний уса-

---

155 *Vines.* The Journ. of the Linnean Soc. Botany. V. 15; N 87; p. 427. (Naturf. 1877; 136).

жен крестообразными желёзками. Полость мешка наполнена воздухом и замыкается клапаном, прикрепленным с одной стороны к краю отверстия; свободным краем клапан упирается в стенку мешка. При давлении на него снаружи он легко отодвигается несколько внутрь, так что плавающие в воде рачки попадают в полость мешка; напротив того, при давлении на клапан с внутренней стороны он плотно прижимается к загнутому над ним краю отверстия и преграждает выход наружу, вследствие чего попавшие в мешок рачки оказываются обреченными на пожизненное заточение и смерть. Насколько легко и часто попадаются рачки в эти западни, показал следующий опыт *Кона*[156]: он вырастил Utricularia в аквариуме с чистой водой без рачков и, убедившись посредством микроскопа, что ни в одном из мешков не было рачков, перенес Utricularia на ночь в воду с рачками; на следующее утро в каждом мешке он нашел уже по нескольку заключенных рачков.

Все вышеприведенные опыты несомненно доказывают, что описанные растения могут питаться животной пищей; но они еще не выясняют, насколько она им необходима и насколько содействует их разрастанию. Для этого вывода недоставало сравнительных опытов над растениями, получающими животную пищу, и растениями, лишенными этой пищи. Пробел этот старались пополнить *Францис Дарвин* и *Реесс*.

Францис Дарвин[157] производил сравнительную культуру Drosera rotundifolia в глубоких тарелках; вынутые из земли и окруженные мхом растеньица были разделены в каждой тарелке дощечкой на две группы; более развитые были отделены от менее развитых. Только последние получали мясную пищу через два дня в виде 2—3 маленьких кусочков жареного мяса, каждый весом около 1,3 мг. 86 растений получали мясо, 91 растение было лишено этой пищи. Кормление мясом было начато 5 июня и продолжалось до 1 сентября.

Уже 17 июля обнаружилось между растениями различие: получавшие мясную пищу отличались во всех тарелках более темным зеленым цветом; зерна хлорофилла в них были переполнены крахмалом. Кроме того, они обнаружили более сильное развитие по числу цветочных ножек (149 : 100), здоровых листьев (140 : 100), по размеру листьев (118 : : 100), по весу сухого вещества (121 : 100), по числу стеблей (165 : 100), по весу коробочек (130 : 100), по числу семян (241 : 100), по весу всего количества семян (380 : 100), по среднему весу семени (157 : 100).

Подобные же сравнительные опыты над развитием Drosera под влиянием питания животной пищей произведены Реессом[158]. Результат получился сходный, хотя не столь резко выраженный, как в опытах Дарвина. Меньшая разница в развитии была, по сознанию *Реесса*, обусловлена менее пригодной пищей (он кормил Drosera растительными вшами) и способом питания.

---

[156] *Cohn.* Beitr. z. Biologie. d. Pflanzen B. Heft. 3, 71.

[157] *Francis Darwin.* Journ, of the Linnean soc. Botany. V. 17 (1879). (Just. Jahresb. 1879; 302).

[158] *Reess.* Bot. Zeit. 1878; 209.

Напротив того, *Регель*[159], повторяя опыты кормления растений мясом над Drosera rotundifolia и D. longifolia, пришел к выводу диаметрально противоположному; листья, питаемые мясом, покрывались черными пятнами и частью переходили в гниение; не получавшие мяса развивались сильнее. Ввиду противоречивых показаний *Дарвина* и других ученых я полагаю, что отрицательный результат в опытах *Регеля* был обусловлен недосмотром или неправильным ведением опыта.

Приступая к изложению питания насекомоядных растений, я уже выяснил, что питание животной пищей не составляет для них необходимости. По свидетельству садоводов, удается выращивать роскошные экземпляры Dionaea muscipula под стеклянным колпаком при полном устранении насекомых и всякой другой животной пищи. По выражению *Дарвина*, мясная пища представляет для насекомоядных растений предмет роскоши, а не необходимости. Опытов над разложением углекислоты насекомоядными растениями на свету, насколько мне известно, произведено не было, тем не менее вряд ли кто усомнится в способности их разлагать углекислоту. Во всяком случае, питание животной пищей, по составу близко подходящей к запасному материалу семени, растворение ее посредством аморфного фермента — растительного пепсина заставляет рассматривать этот способ питания как процесс, сходный с питанием зародыша при прорастании.

Питание зеленых паразитных растений

Типичными представителями зеленых паразитных растений могут служить Viscum album и некоторые роды из сем. Rhinanthaceae: Rhinanthus, Melampyrum, Euphrasia, Pedicularis. За исключением Viscum album, который встречается всегда на ветвях различных древесных пород, все остальные паразитируют на корнях растений. Все они представляют в местах прикрепления к питающему растению плотное сращение с питающим растением и проникают в большей или меньшей степени внутрь последнего. Корни Viscum album, например, растут в ткани камбия, между корой и древесиной ветки, на которой сидит паразит. Различные способы прикрепления паразитных растений подробно изучены и описаны графом *Сольмс-Лаубахом*[160]. Химическая сторона питания их вовсе не расследована.

VI. ПИТАНИЕ БЕСЦВЕТНЫХ (ЛИШЕННЫХ ЗЕЛЕНОЙ ОКРАСКИ) РАСТЕНИЙ

Лишенные зеленой окраски растения встречаются между цветковыми и споровыми. Из высших цветковых весьма немногие лишены хлорофилла; из споровых к ним относится целый класс грибов.

---

[159] *Regel*. Bot. Zeit. 1879; 645.

[160] Graf *Solms-Laubach*. Pringsh. Jahrb. 6; 509. 1967—68. См. также: *Pitra*. Bot. Zeit. 1861; 53.

Питание цветковых растений, лишенных хлорофилла

По отношению к питанию следует между ними различать паразиты и сапрофиты. Первые исключительно питаются живыми растениями, вторые — продуктами разложения отмерших животных и растений. Из паразитов наиболее известны Cuscuta Europaea, паразитирующая на стебле, Orobanche и Lathraea — на корнях различных растений, и экзотические паразитные растения сем. Balanophoreae и Rafflesiaceae. К сапрофитам принадлежат Monotropa hipopitys и некоторые растения из сем. Orchideae, например Corallorhiza. Резкой границы между группами растений зеленых и лишенных хлорофилла, однако, нет; особенно интересно, что среди одного и того же сем. Orchideae встречаются, кроме растений, снабженных хлорофиллом (большинство орхидных нормального зеленого цвета), растения, совершенно лишенные хлорофилла, например Corallorhiza, а также и формы, содержащие столь малое количество этого пигмента, что присутствие его долгое время оставалось незамеченным, например в Neottia Nidus avis[161]. Факт этот заслуживает внимания, так как свидетельствует чрезвычайно наглядно, что образовательные процессы в растениях лишь в незначительной степени обусловливаются источником, из которого доставляется необходимый для построения организованных образований пластический материал.

Питание вышепоименованных растений, лишенных хлорофилла, совсем почти не исследовано. Косвенное указание на преобладающий характер процессов питания дают исследования *Лори*[162] над обменом газов между Orobanche, Lathraea squamaria, Neottia Nidus avis и атмосферой. В опытах *Лори* они постоянно поглощали кислород и выдыхали приблизительно равный объем углекислоты. Этот обмен газов не только удерживался при непосредственном освещении солнцем, но проявлялся на солнце даже с большей силой, очевидно, под влиянием нагревания растения. Из этого видно (см. главу III), что растения эти лишены способности добывать углерод из углекислоты и требуют для своего развития готовых органических соединений.

Питание грибов

К классу грибов относят до 100 000 форм растительных организмов сравнительно простого строения и легко отличимых от остальных растений по отсутствию зеленой окраски; только некоторые из цветковых паразитов и сапрофитов, подобно грибам, не содержат, как мы видели, вовсе хлорофилла или же только едва заметные следы его. В следующей главе подробно будут изложены опыты, несомненно, доказывающие, что растения, лишенные зеленой окраски, не в состоянии питаться одними минеральными соединениями и развиваются лишь в том случае, если находят в окружающей среде, кроме минеральных, готовые органиче-

[161] *Reinke.* Flora, 1873; 179. См. также: *Wiesner.* Flora, 1874; 73. Prillieux. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19, 108 (1874).

[162] *Lory.* Ann. d. Sc. Nat. S. 3; t. 8; 158 (1847).

ские соединения. Там же будет выяснено, какие органические соединения необходимы для развития грибов и какие могут быть выработаны самими грибами. Здесь я ограничусь только исследованиями над питанием грибов в среде, заключающей все необходимые для наилучшего развития грибов составные части пищи.

Несмотря на большое число работ, произведенных по питанию грибов, сведения наши в этом направлении весьма скудны. Все они относятся исключительно к питанию простейших представителей класса грибов: бродильных грибов, плесеней и бактерий; при этом главной целью этих работ было изучение изменений субстрата или среды, в которой развиваются грибы, между тем как химические метаморфозы, происходящие в клетках гриба, были почти совершенно оставлены без внимания. Разницу в характере работ по питанию высших растений и грибов можно поэтому формулировать следующим образом: в первых имелось главной целью выяснение химических превращений, происходящих внутри растения, во-вторых, напротив того, преимущественно исследование изменений почвы или среды, в которой грибы развиваются.

Своеобразный характер большинства работ по питанию грибов, а также и исключительное расследование питания только некоторых из простейших их представителей объясняется, как будет показано ниже, важным практическим значением подобного рода разысканий.

При посредстве изменений, вызываемых бродильным грибком в жидкости, приспособленной для его питания, приготовляются пиво, виноградные вина и получается спирт; при посредстве другого простейшего организма добывается из спирта уксус; сходные с последним по форме организмы из бактерий служат для приготовления молочной кислоты, масляной и некоторых других органических соединений; наконец, присущая многим из бактерий способность производить различные заразительные болезни у человека, животных и растений представляет факты, которые достаточно выясняют, почему ученые стремились изучить с возможной точностью изменения среды, в которой эти организмы развиваются.

С каждым днем зависимость благосостояния человека от невидимых микроскопических существ обрисовывается с большей очевидностью. Всякому известно, с какими трудностями и предосторожностями сопряжено сохранение в свежем виде животных и растительных продуктов; оставленные на воздухе, они через короткое время загнивают и становятся негодными к употреблению. *Пастеру* удалось несомненными опытами доказать, что наблюдаемая порча припасов вызывается исключительно развитием в них различнейших простейших организмов. Уже *Спаланцани* показал, что вещества, весьма легко переходящие в разложение на воздухе, могут оставаться неопределенно долгое время без изменения, если их предварительно подвергнуть продолжительному кипячению и держать в плотно закупоренном сосуде. Предварительным нагреванием, по мнению *Спаланцани*, уничтожались зародыши простейших организмов, которые случайно находились на субстрате; герметическим закупориванием преграждался к субстрату доступ зародышей микроско-

пических существ, носящихся в воздухе. Не останавливаясь на целом ряде работ, постепенно выяснявших участие микроскопических организмов в процессах брожения и гниения органических веществ, я перейду непосредственно к опытам *Пастера*[163], решающим этот вопрос с надлежащей точностью.

Главные результаты *Пастера* сводятся к следующему.

1. В воздухе носятся зародыши микроскопических организмов; их можно собрать и изучать под микроскопом.

2. Наиболее легко изменяемые вещества могут быть сохранены без изменения в прикосновении с атмосферным воздухом после предварительного кипячения, если только посредством длинной изогнутой открытой шейки сосуда затруднить быстрый обмен газов с окружающей атмосферой.

3. Легко изменяемую жидкость удается по произволу или сохранять без изменения, или через введение выловленных из воздуха зародышей подвергнуть быстрому разложению.

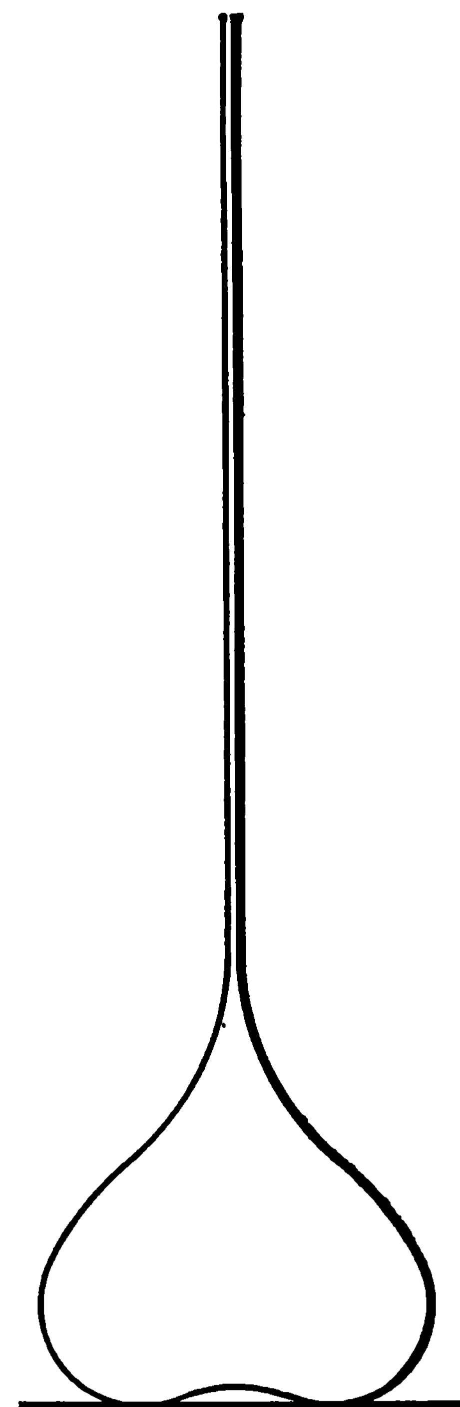


Рис. 47. Колба с припаянной длинной стеклянной трубочкой

Для доказательства возможности предохранять от разложения животные и растительные продукты *Пастер* производил опыты преимущественно над двумя наиболее легко изменяющимися смесями: над смесью из 100 частей воды, 10 частей сахара и 0,2—0,7 — белка, а также над растворенной в воде желатиной. Прибором для сохранения их служили колбочки с вытянутой шейкой и припаянной длинной стеклянной трубочкой (рис. 47). Жидкость вливалась посредством длинной воронки, доходящей почти до дна сосуда; вслед за тем *Пастер* загибал шейку прибора, как показано на рис. 48, и подвергал жидкость продолжительному кипячению. По окончании кипячения наружный воздух проникал в прибор постепенно, по мере его охлаждения, оставляя при этом все носящиеся в нем посторонние примеси на

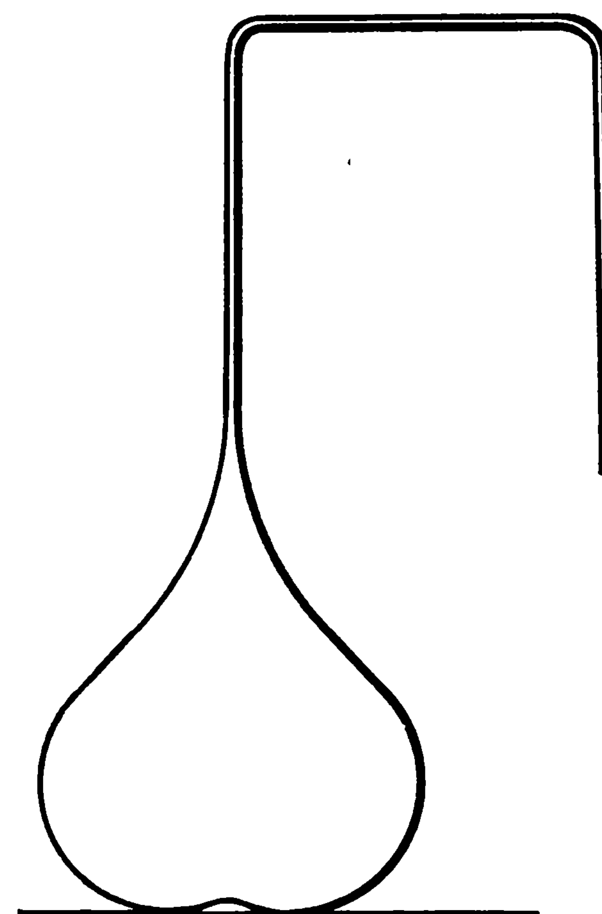


Рис. 48. Колба с трубочкой изогнутой

[163] *Pasteur.* Ann. d. Sc. Nat. Zoologie. S. 4, t. 16, 5 (1859).

стенках шейки и входил в колбочку уже очищенным от зародышей. *Пастеру*[164] удалось сохранять в лишенном воздухе зародышей, кровь и мочу неопределенно долгое время без перемены, извлекая их из животного посредством особенного аппарата вне прикосновения с окружающим воздухом. Прибор, в который переливалась кровь или моча, был наполнен воздухом, предварительно прокаленным.

Результаты Пастера были подтверждены опытами *Гейона*[165] и *Листера*[166] над белком и желтком куриного яйца.

Для вылавливания носящихся в воздухе зародышей *Пастер* пропускал долгое время посредством аспиратора струю воздуха через трубку с куском пироксилина (хлопчатобумажного пороха), т. е. ваты, обработанной предварительно крепкой азотной кислотой. Он предпочел пироксилин вате потому, что превращенные в пироксилин волокна ваты, сохраняя форму и строение волокон ваты, отличаются от нее способностью легко растворяться в смеси эфира со спиртом. По окончании опыта *Пастер* переносил пироксилин с насевшими на него зародышами и пылью в смесь эфира со спиртом; пироксилин быстро растворялся; твердые тельца, осевшие на нем из воздуха, образовали на дне сосуда осадок, который и был подвергнут исследованию под микроскопом. Для собирания зародышей из воздуха пироксилин помещался в горизонтальном колене стеклянной трубки в виде буквы Т, положенной горизонтально. По вертикальной части трубки была пущена со скоростью 1 л в минуту струя воды, которая, стекая, вызывала ток воздуха в горизонтальной части трубки с пироксилином. При прохождении воздуха по узким промежуткам волокон носящиеся в воздухе пылинки задерживались пироксилином.

Несмотря на решающее значение этих опытов, оставались еще некоторые сомнения, которые также окончательно выяснены *Пастером. Пастер* убедился, что, согласно показанию прежних исследователей, в некоторых субстратах, например в молоке, не удавалось кипячением задержать развития простейших организмов и связанного с ними разложения. Он нашел, что можно и эти субстраты сохранять без изменения, но что для этого требуется предварительно нагреть жидкость до температуры 110° С. Он показал далее, что причина появления живых существ (бактерий) в прокипяченной жидкости заключается в замечательной способности этих зародышей оставаться некоторое время живыми даже в жидкости, подвергнутой кипячению.

Этими разысканиями выяснилось, что раствор белка с сахаром, желатина, кровь и моча, считаемые, подобно многим другим животным и растительным продуктам, за смеси, весьма легко и быстро изменяющиеся в присутствии воздуха, представляют соединения, индифферентные по отношению к воздуху, и легко переходят в гниение при обыкновенных

---

[164] *Pasteur.* С. R. 56, 734 (1863).
[165] *Gayon.* С. R. 76, 232 и 77, 214 (1873).
[166] *Lister.* The pharmaceutical Journ. and transaction. 1877, 285. (Just. Jahresb. 1877; 223).

условиях сохранения только от случайной примеси к воздуху зародышей микроскопических организмов.

На основании микроскопического расследования простейших организмов, причиняющих разложение органических соединений, различают между ними три группы: 1) бродильные грибки, 2) плесни и 3) бактерии.

Типом бродильных грибков может служить Hormiscium Cerevisiae, называемый также Saccharomyces Cerevisiae, грибок, при посредстве которого приготовляются пиво, виноградные вина и водка. Участие его в

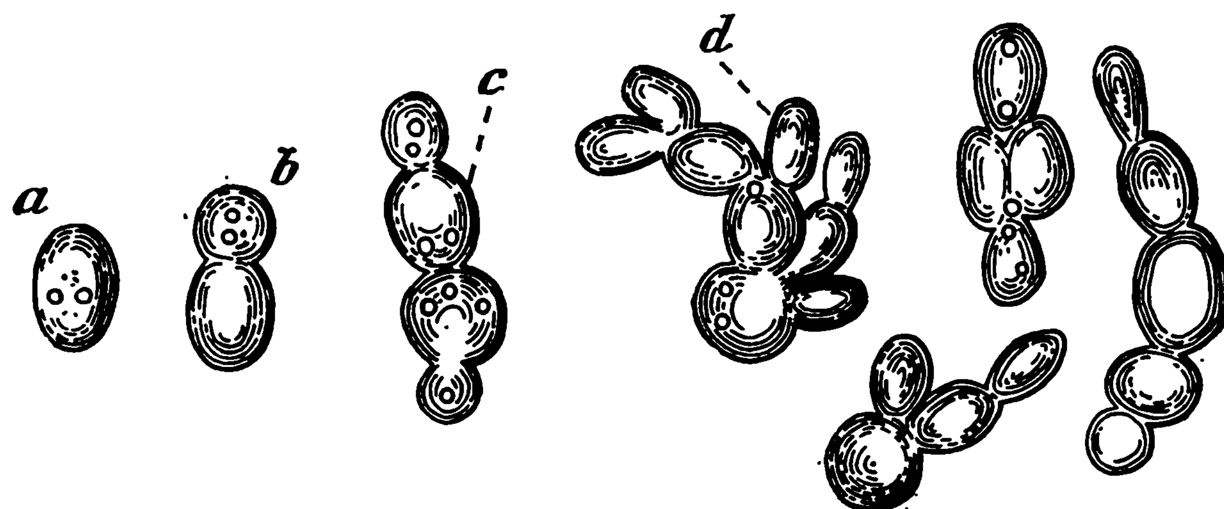


Рис. 49. Hormiscium Cerevisiae (бродильный грибок) в разных стадиях (*a*, *b*, *c*, *d*) почкования

спиртовом брожении сделалось известным лишь в нынешнем столетии. *Каниар-ла-Тур* первый обратил внимание на постоянное присутствие его в бродящей жидкости. Грибок этот (рис. 49) одноклетный; маленькая овальная клетка заключает в себе бесцветную плазму с вакуолями; ни ядра, ни других твердых отложений в ней незаметно. В жидкости, пригодной для питания, бродильный грибок быстро размножается посредством почкования: на одном или на обоих противоположных концах клетки образуются маленькие выпуклины; разрастаясь, каждая из них постепенно отделяется перетяжкой от клетки, которая их образовала. При быстром росте выпуклина, не достигнув еще окончательных размеров, образует на свободном конце новую выпуклину, вследствие чего из одной клетки получается через некоторое время цепочка клеточек, постепенно убывающих в размере к обоим концам (рис. 49). Со временем цепочка распадается на отдельные клетки; из них каждая может вновь разрастись в цепочку.

Кроме Saccharomyces Cerevisiae, отличают: S. ellepsoideus, S. apiculatus, S. Pastorianus, S. conglomeratus, разнящиеся между собой по форме и размеру клеток. К бродильным же грибам относятся Mycoderma vini и фермент аммиачного брожения мочи.

Об образовании спор вне бродящей жидкости и о связи бродильных грибков с другими грибными формами см. следующие статьи:

Reess. Botan. Untersuchungen ub. d. Alkohologährungpilze, 1870.
Seynes. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 10, 5 (1869) и t. 14; 378 (1872).
Pasteur. Etudes sur la bière, 1876.
Brefeld. Flora, 1873, 385.
Hansen. Recherches s. l. organismes, qui se trovent dans l'air. Meddelelser fra Carlsberg laboratoriet. 1879.

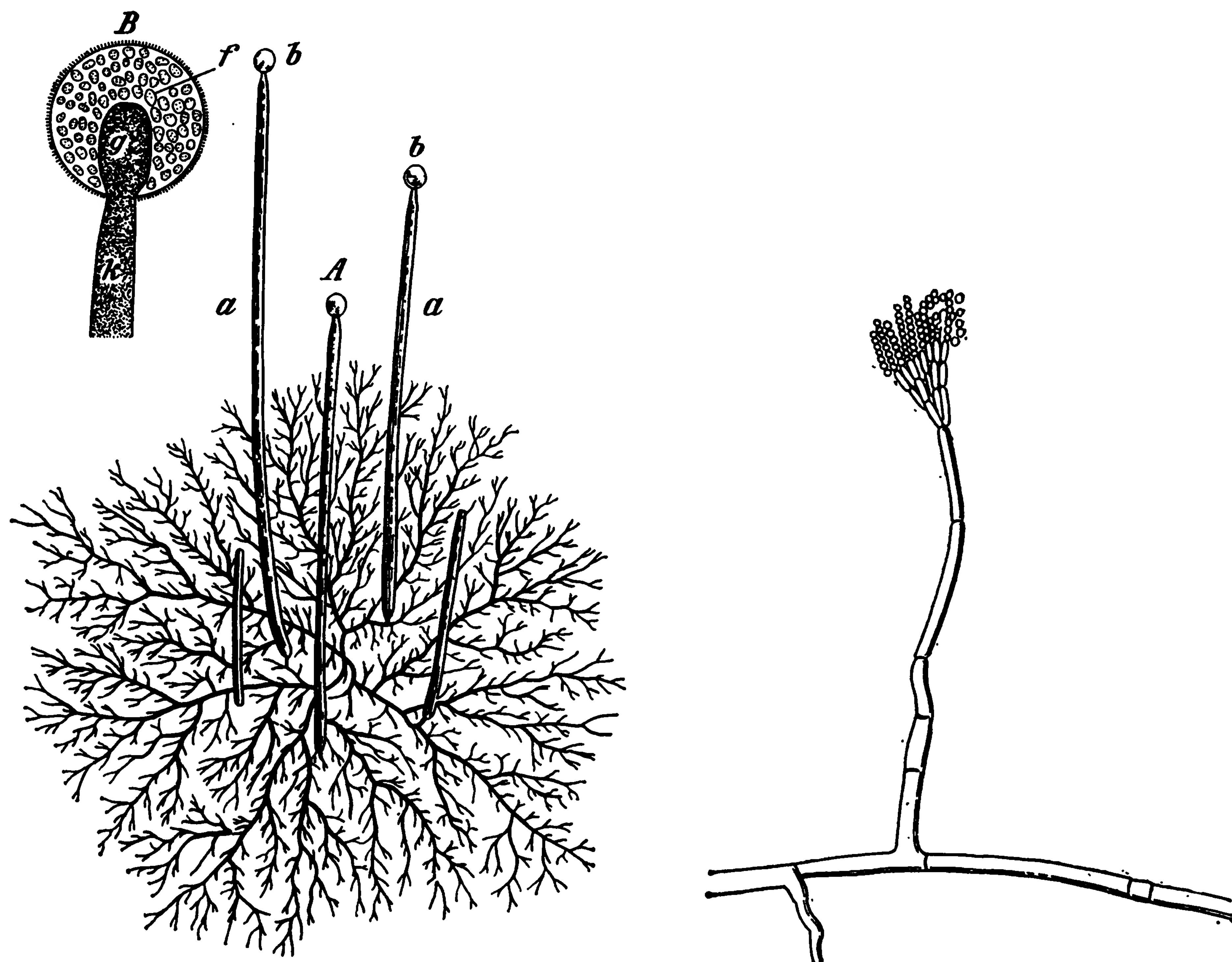


Рис. 50. Mucor Mucedo

A — цельный мицелий грибка; ветвистою частью он стелется в почве; растущие вертикально в воздух нити (*a*) заканчиваются каждая спорангием (*b*); *B* — сильнее увеличенный зрелый спорангий с верхнею частью ножки (*k*); *f* — споры; *g* — столбочек (columella)

Рис. 51. Penicillium, воздушная ветвь и часть мицелия из почвы; на конце ветви кисточка со спорами

Между грибками, обыкновенно называемыми плеснями, всего чаще встречаются Mucor Mucedo и M. racemosus (из Hyphomycetes), Penicillium glaucum и Aspergillus niger, принадлежащие к Ascomycetes.

На разлагающихся субстратах обыкновенно попадаются только конидиальные формы этих грибов; только последние я и опишу здесь в нескольких словах.

Mucor Mucedo (рис. 50) представляет большую ветвистую клетку, стелющуюся по субстрату; из нее вырастают в некоторых местах цилиндрические ветви (*a*) в воздух. На верхнем, свободном конце воздушная ветка вздувается в шар (*b*); вздутая часть переполняется густой плазмой и отгораживается выпуклой перегородкой от остальной полости нити. Плазма в отгороженной части распадается на множество отдельностей; каждая из них высачивает на поверхности оболочку и превра-

щается в спору. Вздутая часть нити со спорами называется спорангием. Ко времени прекращения роста у Mucor по всему протяжению его появляются одновременно поперечные перегородки; из одноклетного мицелий делается многоклетным и затем по прошествии некоторого времени отмирает.

Penicillium (рис. 51 и 52) и Aspergillus (рис. 53) представляют несколько более сложное строение: ветвистые нити их мицелия с самого начала являются разделенными поперечными перегородками на клетки; конидиальные их плодоношения развиваются, как у Mucor, на вершине воздушных ветвей, но имеют совершенно иное строение. У Penicillium первое начало образования плодоношения сказывается в том, что на конце верхушечной клетки появляются шаровидные выпуклины; каждая из них превращается со временем в стеригму, т. е. клетку, отшнуровывающую споры. Образование цепочки спор происходит, по *Леву*[167], следующим образом: первая спора появляется в виде выпуклины на вершине стеригмы и постепенно отделяется от нее перетяжкой; между основанием первой споры и стеригмы образуется вторая; под основанием второй — третья и т. д.; в это же время несколько клеток вертикальной воздушной ветви, лежащих непосредственно под верхушечной клеткой, вырастают в боковые ветви и, наподобие верхушечной клетки, образуют стеригмы и споры.

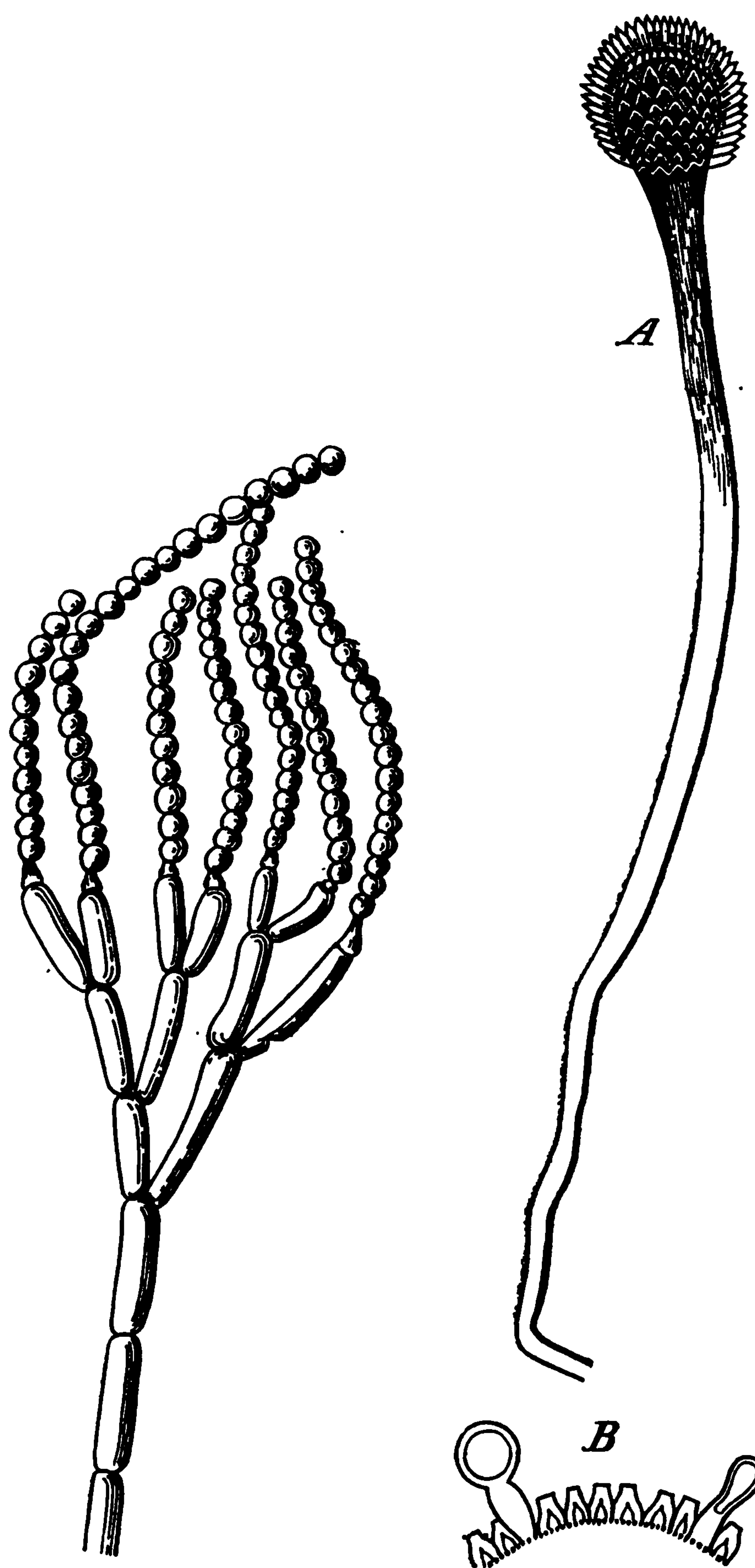


Рис. 52. Penicillium, кисточка со спорами, сильнее увеличенная

Рис. 53. *A* — воздушная ветвь Aspergillus; на вздутой вершинке ее образовались стеригмы, предназначенные для отшнуровывания цепочек спор; *B* — сильнее увеличенная часть головки со стеригмами, две из них образуют по споре

У Aspergillus конечная клетка воздушной ветви по всей поверхности покрывается выпуклинами (стеригмами), из которых каждая образует цепочку спор. Цепочки спор веерообразно расходятся во все стороны.

[167] *Loew*. Prings. Jahrb. 7; 484 (1870).

Группа бактерий (Schizomycetes) заключает в себе самые мелкие из микроскопических организмов в виде мельчайших шариков, маленьких палочек, отдельных или соединенных в ряды, прямых или изогнутых. Большинство из них столь малых размеров, что при самых сильных увеличениях представляются в виде точек или черточек, не поддающихся измерениям; они или плавают свободно и движутся, или пребывают неподвижными. Часто они оказываются соединенными прозрачной слизью в комки, достигающие иногда очень значительных размеров. Исследование их развития представляет вследствие малого их размера и отсутствия характерных отличительных признаков чрезвычайные затруднения, и этим объясняются разноречивые, во многом диаметрально противоположные показания ученых, пользующихся громким именем и заслуженным авторитетом в науке. Одни (*Кон, Пастер*) признают за отдельными формами столь же большое постоянство и такую же неизменяемость, как у высших растений; другие (*Ценковский*, *Негели*, *Цопф*), напротив того, утверждают, что почти все формы бактерий генетически связаны и переходят одна в другую. Оставляя в стороне эти спорные пункты, я приведу деление бактерий, предложенное *Коном*[168], весьма удобное для различения наиболее часто встречаемых форм бактерий.

Кон делит бактерии на четыре группы. Из них:

1) Sphaerobacteria представляют организмы в виде шариков мельчайших размеров; они или плавают свободно, или же соединены помногу вместе в комки различной величины. В состав этой группы входит только один род Micrococcus (рис. 54, *A, B*);

2) Microbacteria составлены из маленьких палочек, одиноких или расположенных в ряд, свободных или погруженных в слизь. Сюда относится род Bacterium (рис. 55);

3) Desmobacteria представляют длинные и чрезвычайно тонкие бесцветные нити без следа перетяжек; только в самых крупных формах видны перегородки. Группу эту составляют два рода: Bacillus (рис. 56) и Vibrio (рис. 57), различающиеся тем, что Bacillus совершенно прямой, между тем как Vibrio представляет линию, волнообразно изогнутую в одной плоскости;

4) Spirobacteria имеют вид тонких нитей, завернутых в спираль; сюда относятся роды Spirillum (рис. 58 и 59) и Spirochaete (рис. 60); у Spirillum нить короткая, толстая, у более крупных форм видно по реснице на каждом конце; Spirochaete представляет нить весьма длинную, тонкую, гибкую и завернутую в спираль с крутыми оборотами.

История развития этих организмов весьма мало выяснена. Из способов размножения известно только деление; у одного рода Bacillus удалось подметить образование спор в члениках.

Из перечисленных организмов всего обстоятельнее исследовано питание бродильного грибка. Разработка его питания всецело принадлежит *Пастеру*. Он впервые произвел точное и полное расследование продуктов спиртового брожения; до него принимали, что при спиртовом брожении

[168] *Cohn*. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. B. 1; 191 (1872).

сахар распадается на спирт и углекислоту, между тем *Пастер* нашел между постоянными продуктами брожения еще следующие два: глицерин и янтарную кислоту.

Пастер первый вырастил значительные количества бродильного грибка в искусственной смеси сравнительно простого состава (см. главу III) и выяснил различие в развитии бродильного грибка при свободном доступе кислорода и в его отсутствие.

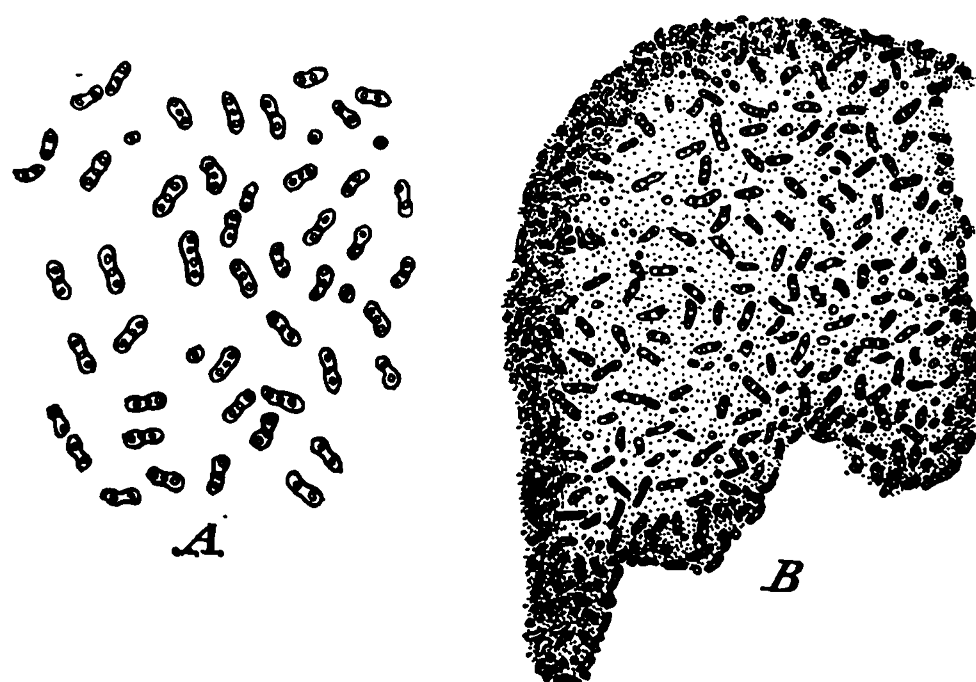


Рис. 54. Micrococcus prodigiosus

A — отдельные шарики и цепочки;
B — они же, соединенные слизью в большой комок

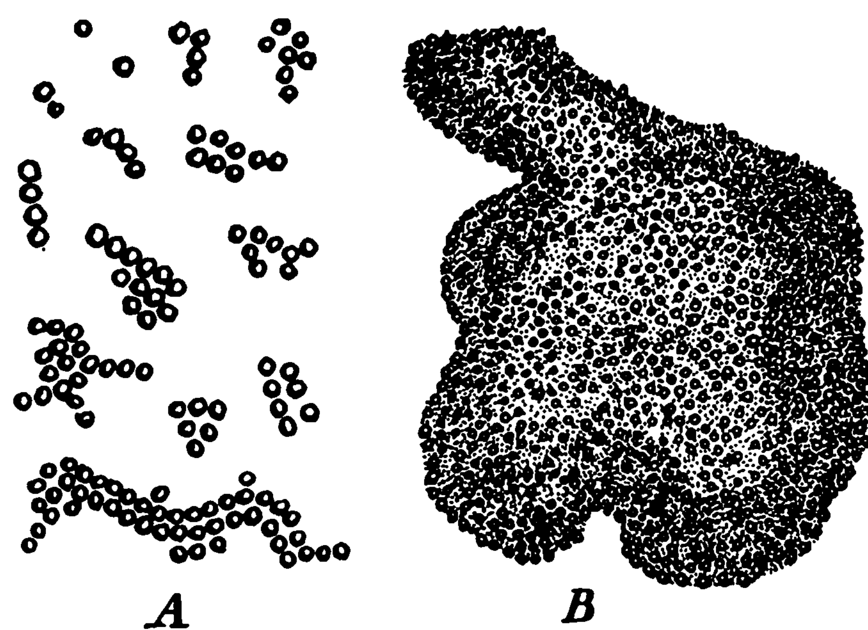


Рис. 55. Bacterium Termo

A — отдельные неделимые;
B — они же, соединенные слизью в большую массу

Делая посев минимального количества дрожжевого грибка в жидкость, по возможности пригодную для его развития, *Пастер* нашел, что при свободном доступе воздуха получается большое количество грибка и сравнительно мало разлагается сахара на спирт и углекислоту; грибок поглощал при этом большой объем кислорода и выделял равный объем углекислоты. При недостаточном доступе кислорода бродильный грибок развивался гораздо слабее, но в то же время оказывалось разложенным на спирт и углекислоту гораздо большее количество сахара, чем в первом случае. Наибольшая разница выражена *Пастером* в следующих цифрах: количество образованных дрожжей в первом случае относилось к количеству разложенного сахара как 1 : 4, во втором — как 1 : 176.

Выделение углекислоты в последнем случае без соответствующего поглощения кислорода навело *Пастера*[169] на мысль исследовать, не производят ли и остальные растения в отсутствие кислорода подобного разложения сахара на спирт и углекислоту. Для этой цели он перенес в приемник с углекислотой 24 сливы, не вполне созревшие и еще совершенно крепкие; такое же количество слив, по возможности сходных с предыдущими, было оставлено на воздухе и служило контролем опыта. Уже по прошествии восьми дней обнаружилась между ними замечательная разница: сливы, оставленные на воздухе, сделались мягкими, сочными и

[169] *Pasteur*. C. R. 75, 784 (1872).

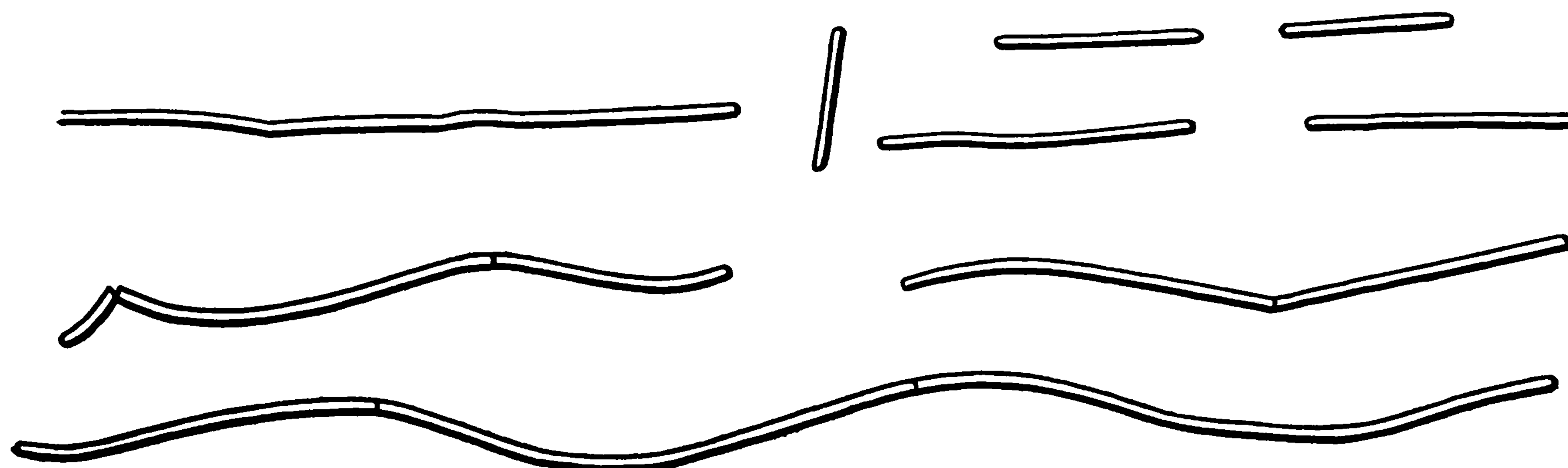


Рис. 56. Bacillus subtilis, нити различной длины

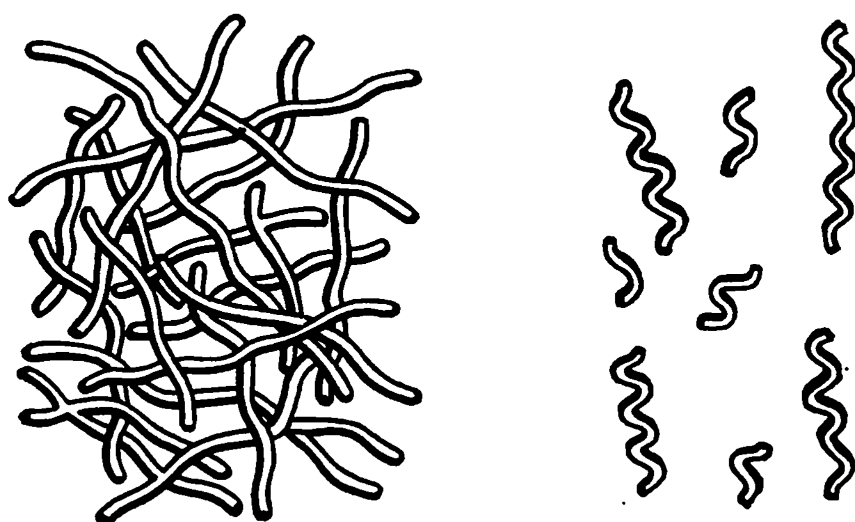


Рис. 57. Vibrio serpens

Рис. 58. Spirillum tenue

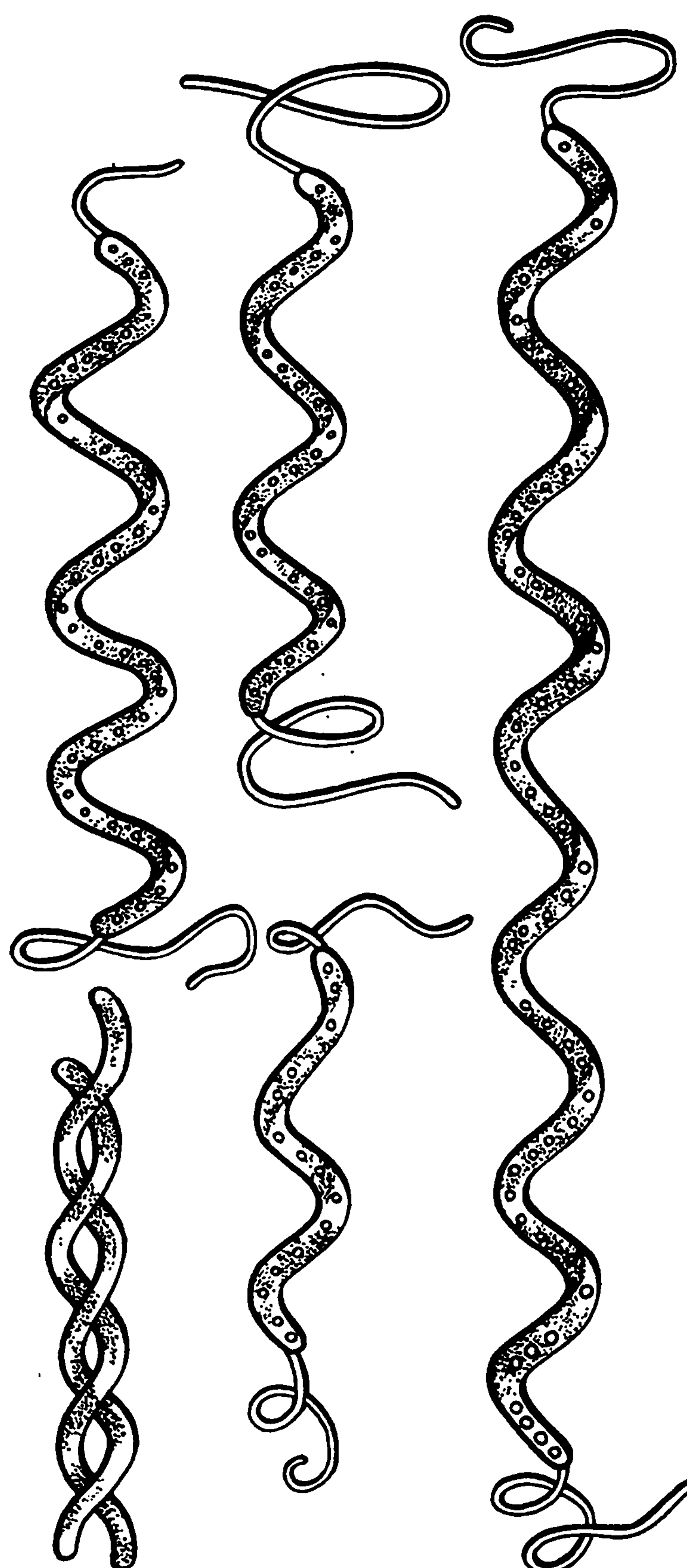


Рис. 59. Spirillum volutans, принадлежащий к самым крупным бактериям. На концах каждой нити видно по реснице

очень сладкими, между тем как пребывавшие в углекислоте оказались еще совершенно твердыми и обнаружили в то же время большую убыль в сахаре; при перегонке они дали 6,5 г спирта, т. е. более 1% по весу. При этом вследствие выделенной углекислоты объем газа в приемнике значительно увеличился. Несмотря на самое тщательное расследование этих слив посредством микроскопа, не удалось открыть внутри плодов ни малейшего следа бродильного грибка. Спиртовое брожение оказалось, следовательно, в данном случае присущим живым тканям плода; подобное же распадение сахаристых веществ на спирт и углекислоту обнаружили в отсутствие кислорода и другие

части растений. Таким образом, спиртовое брожение, принимаемое прежде за специфическую особенность одного бродильного грибка, оказалось явлением, общим всем растениям, поставленным в условия, сходные с теми, в которых проявляется спиртовое брожение бродильным грибком. Все вышеприведенные наблюдения над выделением углекислоты прорастающими растениями и различными органами высших растений в отсутствие кислорода признаются поэтому вполне аналогичными спиртовому брожению, производимому бродильным грибком. Во всех этих случаях выделение углекислоты сопровождается образованием спирта, задерживаемого в тканях растения, так что спиртовое брожение представляет не что иное, как частный случай обмена газов, названного выше интрамолекулярным, или внутренним, дыханием.

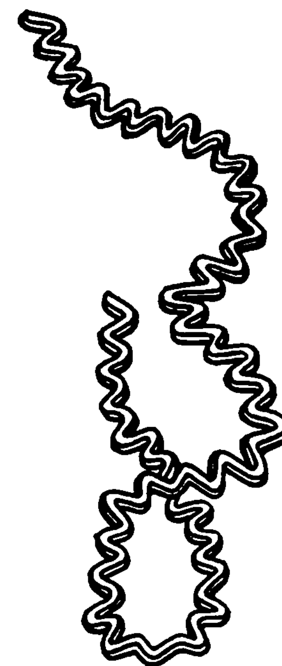


Рис. 60. Spirochaete plicatilis

В проведенной здесь аналогии, бесспорно правильной в основании, остается одна сторона не вполне еще выясненной: мы видели, что у высших растений в отсутствие кислорода прекращается тотчас рост, теряется чувствительность, приостаналивается движение плазмы, одним словом, в клетках задерживаются главнейшие жизненные отправления. Если бы отношение бродильного грибка в данном случае было вполне тождественным с описанным для других растений, то следовало бы ожидать в отсутствие кислорода немедленного прекращения роста и размножения бродильного грибка. Между тем этот результат получается только в том случае, если взять дрожжи старые; молодые же дрожжи растут и размножаются довольно быстро при полном отсутствии кислорода. Этот последний факт установлен несомненно *Пастером* и подтвержден *Брефельдом*, который долгое время с чрезмерной запальчивостью опровергал его, а затем все-таки признал показание *Пастера* [170] правильным.

Для исследования развития бродильного грибка в отсутствие кислорода *Пастер* употребил следующий прием: жидкость, приспособленная для развития бродильного грибка, помещалась в стеклянном шаре *A* (рис. 61) с двумя трубками, одной прямой — *a*, снабженной краном и вороночкой, и другой изогнутой — *b*, как показано на рисунке. Открытый конец изогнутой трубки был погружен в чашку, наполненную той же жидкостью. Затем жидкость в шаре и в чашке была подвергнута одновременно сильному кипячению. Бóльшая часть воздуха, оставшегося еще в приборе, выходила с парами воды через изогнутую шейку кнаружи; пузырьки воздуха, собиравшиеся под краном, были легко удаляемы наклонением прибора. По совершенном удалении воздуха из шара под ним гасили огонь. По мере охлаждения паров пустое пространство наполнялось кипящей жидкостью из чашки; наполнив прибор жидкостью, Пастер заменял чаш-

[170] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 304 (1876).

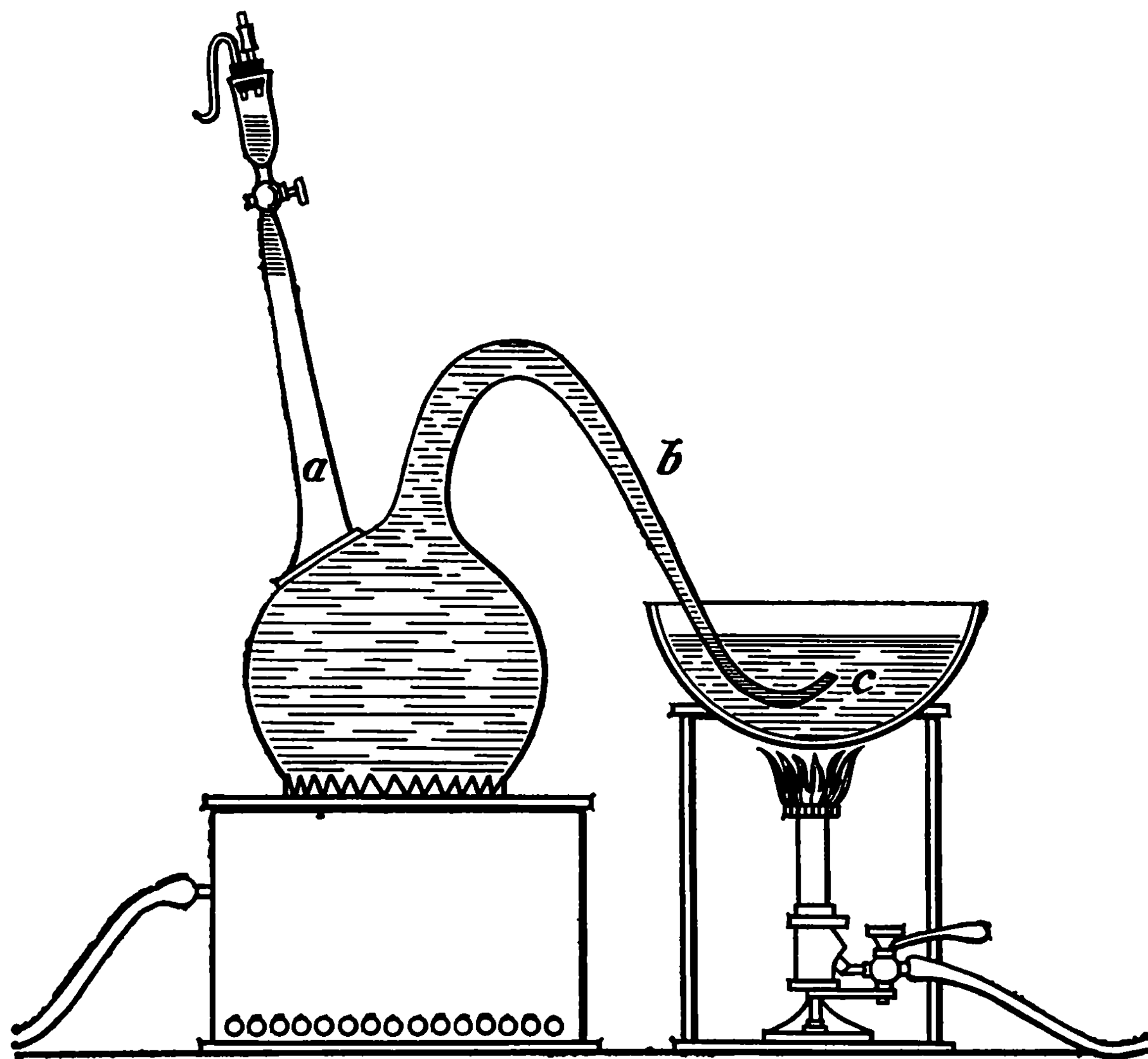


Рис. 61. Шар с двумя шейками, наполненный прокипяченною жидкостью. Шейка *a* прямая с краном и припаянной вороночкой; шейка *b* изогнута и опущена концом в кипящую жидкость *c*, которую по окончании нагревания заменяют сосудом со ртутью

ку сосудом с ртутью и уединял таким образом прокипяченную жидкость от окружающего воздуха. Подобных приборов с прокипяченной жидкостью было приготовлено несколько; по охлаждении их в воронку каждого из них было налито несколько жидкости, способной к брожению, и введено по минимальному количеству дрожжей. Вскоре в вороночках обнаруживалось брожение. Тогда *Пастер* впустил несколько капель жидкости с невесовым количеством дрожжей из воронки в шар одного из приборов и тотчас же опять замкнул кран. Через сутки он произвел то же самое во втором приборе, на следующие сутки в третьем и т. д. В первом приборе получилось довольно сильное разрастание дрожжей; в одном из опытов через 19 дней из невесомого количества дрожжей образовалось их столько, что по высушивании при 100° С они весили 1,368 г и разложили за это время 145,4 г сахара. Во втором приборе получилось уже гораздо меньшее разрастание; в следующих — тем меньше, чем старше были дрожжи. Разложение сахара, напротив того, оказалось независимым от кислорода; он разлагался одинаково энергично в отсутствие кислорода и дрожжами всякого возраста. Разъяснение этого исключительного отношения бродильного грибка к кислороду, т. е. способности молодых дрожжей расти в среде без кислорода, необходимо для полного закрепления аналогии, проводимой *Пастером* между спиртовым брожением и интрамолекулярным дыханием высших растений.

О питании органическими соединениями форм, близких к бродильному грибку, каковы, например, Mucor, Penicillium и Aspergillus, имеется очень мало сведений.

Всего менее расследовано питание органическими соединениями бактерий; известно только, что они встречаются на самых разнообразных субстратах и успешно развиваются в искусственной смеси сравнительно

простого состава (см. главу III). Я уже упоминал о разнообразных разложениях, которые они способны производить. При отсутствии ясных отличительных признаков чрезвычайно легко принять две различные формы за одну; нередко бактерии, с виду совершенно сходные, вызывают различное разложение субстрата, и в этом случае приходится решать вопрос о тождестве или различии форм по субъективному чувству, не представляющему никакой гарантии верного разрешения вопроса. Этой причиной объясняются и противоречивые данные не только относительно форм бактерий, производящих различные разложения, но и касательно разложения субстрата и обмена газов бактерий или, вернее, жидкости, в которой они развиваются, с окружающей атмосферой. В некоторых случаях бактерии, подобно другим растениям, поглощают кислород и выделяют углекислоту; в других одновременно с углекислотой выделяется водород; в третьих удавалось наблюдать поглощение водорода из окружающей среды; совершенно подобное различное отношение обнаружено при разложении азотистых веществ бактериями к азоту: в одних случаях происходило выделение газообразного азота, в других он поглощался из окружающей атмосферы субстратом, разлагаемым бактериями или ими самими. При гниении водных растений, обусловленном бактериями, *Бэм*[171] открыл выделение углеводородов, в особенности болотного газа.

Открытие *Пастером*[172] бактерий, которые, по его наблюдениям, не только могут жить и размножаться в отсутствие кислорода, но при перенесении в воздух почти моментально перестают двигаться и отмирают, произвело окончательное замешательство в воззрениях на обмен газов, сопровождающий развитие в столь существенной функции, как нормальное дыхание, тем более поразительно, что оно не отражается ни на форме, ни на размерах или развитии их. *Пастер*, правда, обозначает бактерии, не нуждающиеся в кислороде, особенным названием — bacteries anaërobies в отличие от bacteries aërobies, но и он сам не решается признать их за самостоятельные формы, отличные от бактерий, нуждающихся в кислороде. Он высказывает даже предположение, что, быть может, bacteries anaërobies (бактерии масляного брожения) умирали на воздухе от внезапного изменения в составе среды, и оставляет открытым вопрос о том, не имеется ли возможности заставить их жить в воздухе, изменяя состав окружающей атмосферы совершенно постепенно.

Точных указаний на формы бактерий, вызывающие столь различный обмен газов, вовсе не имеется. Неудивительно поэтому, что наши сведения касательно несравненно более сложного вопроса — изменения различных субстратов бактериями — крайне сбивчивы и неопределенны. Из всех имеющихся исследований можно пока вывести только одно следующее положение: каждой формой бактерий вызывается в определенной среде при одинаковых внешних условиях изменение совершенно определенного характера.

---

[171] *Boehm*. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 54 Abtheib. 2; p. 176 (1866) и 71, 481 (1875).
[172] *Pasteur*. Etudes s. l. bière, p. 297 (1876).

Доказательством этому служат многочисленные опыты над бактериями, причиняющими заразительные болезни, а также немногие точные расследования над брожениями, которые производят бактерии. Оставляя в стороне опыты над заразными бактериями, я ограничусь кратким описанием тщательных опытов *Фица* [173] над брожениями глицерина. По его исследованиям, глицерин может быть разложен при 40° С бактериями, принадлежащими к роду Bacillus, на целый ряд соединений. Между продуктами брожения находятся спирты — этиловый и бутиловый. *Фицу* удалось доказать, что этиловый спирт образуется при посредстве одной формы Bacillus, а бутиловый — при посредстве другой; они оказались различными по размерам и по реакции к йоду. Bacillus, развитие которого сопровождалось образованием этилового спирта, был мельче и от йода окрашивался в бурый цвет; Bacillus, образовавший бутиловый спирт, отличался большей величиной и синей окраской от йода. Разъединив обе формы (см. следующую главу), *Фиц* получил в жидкости с мелким Bacillus только этиловый спирт без следа бутилового, а с более крупной формой — один бутиловый спирт.

Вышеприведенные опыты с достаточной степенью точности доказали постоянство и определенность разложения избранной смеси при одинаковых условиях культуры данной формой бактерий. Вопросы же касательно разложения определенной формой бактерий различных субстратов и разложения определенного субстрата различными формами бактерий остаются совершенно открытыми. Отдельные наблюдения над различными брожениями слишком малочисленны для указания в каждом частном случае, насколько каждая из бактерий способна развиваться в различных субстратах и насколько наблюдаемые разложения среды, служащей почвой для бактерий, обусловливаются самой бактерией, насколько составом среды и внешними влияниями. Если принять, кроме того, во внимание, что мнения касательно степени самостоятельности форм бактерий далеко еще не установились, то нельзя не согласиться в необходимости новых наблюдений, чтобы разобраться в этом хаосе разнообразных и частью противоречивых показаний.

Выше уже было указано на то, что, за весьма немногими исключениями, химические исследования относительно простейших растительных организмов имели целью выяснить не столько процессы, происходящие внутри их клеток, сколько изменения, которые эти организмы вызывают в среде, служащей почвой для их произрастания. Понятно, что подобного рода работы могут служить лишь косвенным указанием на питание простейших организмов и имеют к питанию их отношение не более близкое, чем исследование изменений почвы к питанию высших растений, которые на ней произрастают.

Выводы, получаемые этим путем, не способны выяснить питание низших организмов еще и потому, что не удалось до сих пор определить в точности причинной связи между жизненными отправлениями организмов и изменениями, которые ими обусловливаются в окружающей среде.

---

[173] *Fitz.* Ber. d. d. Chem. Ges. 9, 1348 (1876), 10, 236 (1877); 11, 42 (1878).

Взгляды на этот предмет весьма различны. Даже касательно спиртового брожения, исследованного несравненно лучше всех остальных, воззрения наиболее авторитетных ученых расходятся в самых существенных пунктах: *Либих* приписывал, как известно, брожение молекулярному действию белковых тел, которые, разлагаясь, причиняют в то же время распадение частиц других тел на частицы более простые. *Траубе* и *Гоппе-Зейлер* полагают, что брожения, вызываемые простейшими организмами, могут быть приравнены к изменениям, производимым аморфными ферментами; они признают, что присутствие простейших организмов необходимо для брожения, но в то же самое время видят в них только аппараты, приготовляющие аморфный фермент; последнему, а не самим организмам приписывают они способность производить брожение. *Пастер*, напротив того, рассматривает брожение как функцию грибка, неразрывно связанную с его жизнью; по его определению, брожение есть «un phénoméne correlatif de la vie». Бродильный грибок проявляет эту функцию, по *Пастеру*, в отсутствие свободного кислорода; расщепляя сахар на углекислоту, спирт и некоторые другие продукты, он заимствует при этом из сахара часть кислорода, необходимого для жизненных отправлений.

Наконец, в последнее время *Негели* [174] предложил совершенно отличную от предыдущих *механическую* теорию брожения. *Негели* рассматривает спиртовое брожение как следствие непосредственного действия плазмы бродильного грибка на окружающую жидкость. Он предполагает, что живая плазма передает жидкости молекулярные колебания, присущие молекулам и атомам плазмы. От сотрясений, производимых в жидкости этими колебаниями, происходит, по *Негели,* распадение частиц сахара на более простые соединения. Представление *Негели,* кажущееся с этой стороны близко подходящим к воззрению *Либиха*, существенно разнится, однако, от него в том, что *Либих* принимает одновременное изменение в составе тела, вызывающего брожение, между тем как, по *Негели,* плазма бродильного грибка действует совершенно механически, не претерпевая при этом никакой перемены.

Исходя из этого воззрения, Негели рассматривает разложения, причиняемые аморфными ферментами, за существенно отличные от разложений, вызываемых живыми организмами. Он обращает внимание, во-первых, на то, что при действии диастаза на крахмал превращение последнего в глюкозу сопровождается поглощением тепловой энергии, между тем как при спиртовом брожении тепло выделяется. Второе коренное отличие он усматривает в том, что аморфные ферменты вызывают всегда одну простую реакцию, между тем как присутствие организмов обусловливает образование целого ряда разнообразных продуктов; различие это объясняется, согласно его теории, тем, что аморфный фермент, имея состав сравнительно простой, передает окружающей среде только один определенный род молекулярных колебаний и, следовательно, только разложение в известном направлении; в состав плазмы живого организма входят

[174] *Nägeli.* Theorie d. Gährung. 1879.

многие разнообразные соединения, вследствие чего от нее передаются окружающей среде различнейшие сотрясения, способные возбудить в ней целый ряд разнообразных разложений.

Из вышесказанного видно, что, несмотря на авторитетные имена ученых, изучавших спиртовое брожение, недостаток фактической подкладки заставляет признать объяснения их несостоятельными и что для окончательного решения вопроса о том, что такое брожение, требуются новые, точные исследования.

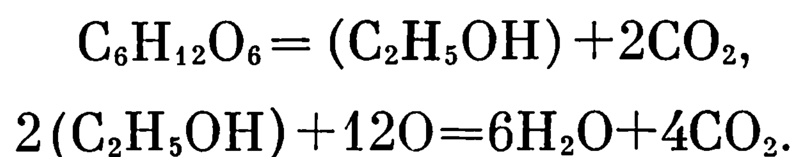
Бóльшая часть сведений о питании грибов получена посредством совершенно особенного приема, именно через выращивание грибов в искусственных смесях сравнительно весьма простого состава. Опыты эти будут изложены в следующей главе, трактующей о синтезе органических соединений в растениях.

Вышеприведенные исследования, несмотря на свою недостаточность, обрисовывают все-таки до некоторой степени питание грибов; они показали, во-первых, что грибы (плесни, бродильные грибы и бактерии) развиваются роскошно на различных органических субстратах, во-вторых, что питание их сопровождается поглощением кислорода и выделением углекислоты (о выделении других газов имеются лишь отрывочные указания), в-третьих, что в отсутствие кислорода, несмотря на интрамолекулярное дыхание, они, подобно высшим, останавливаются в развитии и отмирают (за исключением молодых дрожжей и некоторых бактерий), в-четвертых, наконец, они заставляют предполагать, что и в грибах процессы построения организованных образований из пластического материала сопровождаются выделением тепловой энергии; правда, что непосредственных наблюдений еще не имеется, и единственное указание в этом направлении принадлежит *Дюбренфо*, которому удалось наблюдать значительное нагревание жидкости, подверженной спиртовому брожению в больших чанах; тем не менее, судя по аналогии с соответствующими процессами питания высших организмов, необходимо предполагать выделение тепловой энергии и при построении тканей грибов.

В заключение главы о питании органическими соединениями я приведу еще несколько общих соображений, а также и фактов, содействующих выяснению дыхания растения, т. е. обмена газов, который сопровождает построение организованных образований: клеток, тканей и органов растений из пластического материала.

Дыхание растений в настоящее время понимается различными учеными различно; прежде отождествляли его с горением и рассматривали дыхание животных и растений как процесс, отличающийся от обыкновенного сожигания органических соединений только сравнительно малой напряженностью и незначительным повышением температуры. Более близкое знакомство с жизненными отправлениями как растений, так и животных заставило, однако, в последнее время несколько изменить взгляд на этот предмет и признать, что проведение параллели между горением и дыханием можно допустить только со значительной оговоркой.

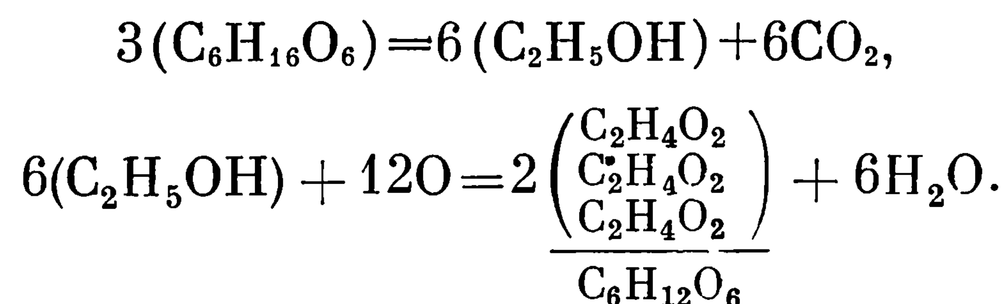
Уже наблюдения *Соссюра* показали, как мы видели, что в некоторых случаях не наблюдается соответствия между объемами поглощаемого растением кислорода и выделяемой углекислоты. *Соссюр* приводит даже случаи поглощения (например, кактусом) кислорода без выделения углекислоты; наконец, в открытом в последнее время интрамолекулярном дыхании мы имеем выделение углекислоты в атмосфере, лишенной кислорода, и притом, по крайней мере в первые часы опыта, с энергией, мало разнящейся от той, которую проявляет растение в присутствии кислорода. Эти последние факты заставляют признать, что поглощение кислорода и выделение углекислоты представляют два процесса самостоятельные и до некоторой степени независимые от другого. Наблюдения, правда, показывают, что в громадном большинстве случаев поглощение кислорода сопровождается выделением равного объема углекислоты, что при этом процессе, как при горении, выделяется тепловая энергия и что сходство с горением с этой стороны полное; ввиду, однако, несомненных исключений из этого правила приходится или выделить неподходящие случаи дыхания в особенную рубрику и рассматривать их как процессы, отличные от нормального дыхания, или же стараться подыскать такое объяснение, которое в одинаковой степени удовлетворительно объясняло бы все вышеописанные случаи дыхания. В последнем направлении уже сделано несколько попыток: *Пфеффер*[175] и *Вортман*[176] принимают, что во всех случаях дыхания выделение углекислоты происходит независимо от поглощения кислорода и продолжается без перерыва, пока растение остается жизнедеятельным. За источник углекислоты они считают крахмал, который, по их мнению, беспрерывно распадается в растении на спирт и углекислоту; углекислота улетучивается, между тем как спирт подвергается дальнейшей метаморфозе. *Пфеффер* полагает, что крахмал при посредстве кислорода воздуха сгорает в воду и углекислоту:



$$C_6H_{12}O_6 = (C_2H_5OH) + 2CO_2,$$

$$2(C_2H_5OH) + 12O = 6H_2O + 4CO_2.$$

По мнению *Вортмана*, роль кислорода совершенно иная: он принимает, что кислород окисляет молекулы алкоголя во время их образования из глюкозы, но не настолько, чтобы вызвать их распадение на углекислоту и спирт; от присоединения кислорода к частице спирта образуются, как он полагает, частицы тела, изомерного с уксусной кислотой, которая через перегруппировку атомов дает вновь частицу сахара:



$$3(C_6H_{16}O_6) = 6(C_2H_5OH) + 6CO_2,$$

$$6(C_2H_5OH) + 12O = 2\underbrace{\begin{pmatrix} C_2H_4O_2 \\ C_2H_4O_2 \\ C_2H_4O_2 \end{pmatrix}}_{C_6H_{12}O_6} + 6H_2O.$$

[175] *Pfeffer*. Das Wesen u. d. Bedeutung d. Athmung u d. Pflanze. Separatabdruck. a. Landw. Jahresb. B. 7.

[176] *Wortmann*. Arbeit. d. botan. Instituts i. Würzburg. B. 2; 500 (1880).

Этой схемой реакций *Вортман*[177] старается объяснить быстрое отмирание растений без кислорода вследствие невозможности воспроизведения без его содействия части сахара, разрушаемого интрамолекулярным дыханием. Сам *Вортман*, однако, поясняет, что приводимая схема не может претендовать на изображение реакций, происходящих в растении, а предназначается только для наглядной обрисовки участия кислорода иного, чем до сих пор понимали; к тому же, прибавляет *Вортман*, этим способом объясняются все известные проявления дыхания растений.

Совершенно другого воззрения на дыхание растений придерживается *Бородин*[178]. Он рассматривает нормальное и интрамолекулярное дыхание за два процесса, совершенно различные, и объясняет, согласно воззрению *Соссюра*, известные случаи поглощения кислорода без выделения соответствующего объема углекислоты задерживанием углекислоты в тканях растения. В обоих случаях он видит проявление одного и того же процесса дыхания; дыхание же нормальное и интрамолекулярное считает существенно различными одно от другого. Дыхание растения, соединенное с поглощением кислорода, он рассматривает как жизненный акт, служащий импульсом для произведения разнообразнейших функций растения, между тем как при дыхании интрамолекулярном жизненные процессы, за весьма редкими исключениями (см. выше), приостанавливаются и растения отмирают.

К области теоретических рассуждений относятся и различные воззрения на участие ближайших составных частей растения в процессе дыхания. До последнего времени все принимали, что выделяемая при дыхании углекислота представляет один из продуктов распадения углеводов, которые, окисляясь под непосредственным влиянием кислорода воздуха, распадаются на углекислоту и воду.

Иное воззрение высказал касательно участия углеводов и жира в дыхании растений *Бородин*[179]: «Не подлежит сомнению, мне кажется,— говорит он,— что источниками углекислоты, образующейся при дыхании, служат безазотистые органические вещества — углеводы (и жиры), те самые вещества, которые представляют вместе с тем пластический материал для построения клеточной стенки. Но теперь возникает дальнейший вопрос, принимают ли эти вещества прямое или только косвенное участие в процессе дыхания, устремляется ли кислород внешнего воздуха на самый углевод (или жир), который распадается под его влиянием на углекислоту и воду, или же углевод должен сначала подвергнуться известной переработке, войти в состав другого, более сложного (белкового) вещества, и уже последнее подвергается действию кислорода, причем окисляется, так сказать, углеводистая часть этого вещества». «Большинство физиологов, основываясь на данных опыта относительно изменений ближайших составных частей семян во время прорастания, придерживаются того мнения, что крахмал (или жир), с одной стороны,

---

[177] *Wortmann*. L. c., p. 516 и 518.
[178] *Borodin*. S. l. respiration d. plantes pendant la germination. 1875.
[179] *Бородин*. Дыхание листоносных побегов, с. 54.

представляет пластический материал, превращающийся окончательно в целлюлозу, с другой стороны, является дыхательным материалом, распадающимся под влиянием кислорода воздуха на углекислоту и воду; белковые вещества, находящиеся в покоящемся семени, служат материалом для образования протоплазмы жизнедеятельных клеток, причем они претерпевают сравнительно неглубокое изменение: из нерастворимых веществ (группы казеина или клейковины) они превращаются в растворимое вещество — альбумин. Таким образом, функции безазотистых и азотистых органических веществ растения оказываются в современной физиологии строго разграниченными». «Не следует, однако, опускать из виду, что мы не имеем в настоящее время средств для точного определения белковых веществ и что соответственная графа, помещаемая в таблицах, выражает не более как количество азота, умноженное на 6,25; поэтому если говорят, что количество белковых веществ остается (во время прорастания) неизменным, то это вовсе не значит, чтобы белковое вещество все время оставалось белковым, а значит только, что общее количество азота в семени оказывается постоянным». «Между тем еще *Гарро* в замечательной работе своей, много способствовавшей правильному пониманию явления дыхания, приводит весьма веские соображения в пользу окисления в растении не углеводов, а белковых веществ. Описав опыт с листоносным побегом Calendula officinalis, который после разрушения организации (измельчения) выделял при тех же условиях в пять раз меньше углекислоты, чем при жизни, *Гарро* замечает, что образование углекислоты возрастающими растениями есть результат химико-жизненного процесса, так как растение неминуемо должно быть живым для того, чтобы явление обнаруживалось во всей полноте. А между тем весьма вероятно, что целлюлоза, подобно крахмалу, как при жизни, так и после смерти остается все та же, ибо при переходе от одного из этих условий к другому она не изменяется. Вся перемена, наступающая в растении со смертью, сводится к окончательному прекращению движения жизненного сока. Поэтому именно в этом веществе ... наиболее совершенном из всех, входящих в состав растений, следует искать первоначальную причину дыхания. Но важнейшее доказательство того, что в процессе дыхания принимает деятельное участие азотистое вещество, *Гарро* видит в замечательном соответствии между энергией дыхания и количеством азотистых веществ, заключенных в той или другой части растения». Эти соображения, по мнению *Бородина*, «сохранили всю свою силу до настоящего времени». «Не странно ли,— продолжает *Бородин*,— в самом деле представлять себе, что вдыхаемый растением кислород устремляется на сравнительно столь прочные соединения, каковы углеводы и жиры, а не на белковые вещества протоплазмы...» «Не странно ли, что наибольшее количество углекислоты выделяют отнюдь не те части, в которых скоплено наибольшее количество крахмала или масла, а, напротив, самые молодые, возрастающие части, где в клетках не оказывается ничего, кроме протоплазмы, в которой никакими способами не удается открыть присутствие предполагаемого дыхательного материала?» «Все эти противоречия легко примиряются,— говорит далее *Бородин*,— с помощью нового

воззрения», заключающегося в том, что «во всех жизненных процессах белковому веществу приписывается исключительно выдающаяся роль, безазотистые же органические вещества становятся лишь подспорьем, необходимым для восстановления постоянно разрушающегося белкового вещества». «Мы должны принять,— продолжает *Бородин* на с. 66,— что белковое вещество может расщепляться на углеводы (например, целлюлозу) и азотистое вещество, которое может снова превратиться в белковое вещество при помощи жира или углевода (крахмала). Таким образом, клеточная оболочка являлась бы продуктом протоплазмы, но косвенным материалом для ее образования служил бы крахмал». «Несмотря на то что азотистые вещества, встречающиеся в растениях, изучены несравненно менее безазотистых, гипотетический азотистый продукт расщепления белковины [9*], о котором идет речь, в некоторых случаях несомненно найден, хотя его, строго говоря, даже не искали». *Бородин* указывает на аспарагин, в образовании которого путем расщепления белковых веществ невозможно сомневаться, между тем как обратное построение при посредстве его белкового вещества вследствие последних опытов *Пфеффера* становится чрезвычайно вероятным. Соображения свои по этому предмету *Бородин* заканчивает следующими словами: «Приняв во внимание все сказанное, беспристрастный читатель согласится, я думаю, с тем, что развитое выше унитарное, если можно так выразиться, воззрение, по которому углеводы являются лишь косвенным материалом для образования углекислоты (а также и клеточной стенки), проще прежнего, дуалистического, объясняет многие факты и примиряет некоторые вопиющие противоречия».

Подробное развитие воззрения *Бородина* находится у *Детмера* в его обширном сочинении «Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen» (1880).

Воздерживаясь за недостатком фактических данных от окончательного принятия одного из этих двух воззрений, я позволю себе только в нескольких словах разобрать два главнейших положения *Бородина.* В пользу своего взгляда он приводит следующие два довода: 1) малое вероятие непосредственного окисления углеводов, в то время как белковые тела, легче поддающиеся разложению, признаются не подверженными окислению и 2) бедность содержания или даже совершенное отсутствие углеводов в нарастающих частях, где дыхание идет наиболее энергичным образом и где требуется, согласно господствующему воззрению, больший запас их как материала, окисляемого при дыхании. Первое воззрение, по моему мнению, легко устраняется, если припомним, насколько различны условия реакций внутри живой клетки от тех, которые происходят вне ее; мне кажется, что при своеобразии процессов, имеющих место в живом организме, и нашем полнейшем незнании сущности жизненных отправлений заключения о большей или меньшей изменяемости составных частей содержимого внутри живой клетки по меньшей мере преждевременны.

Второй довод Бородина — бедность содержания или даже отсутствие углеводов в нарастающих частях — может быть истолкован с одинаковым

успехом как против непосредственного окисления углеводов, так и в пользу этого воззрения: в самом деле, содержание в растении всякого соединения есть не что иное, как выражение разности между его прибылью и убылью в растении; если оно вырабатывается в большей мере, чем потребляется, то избыток его является отложенным в клетках. При преобладании расхода его над новообразованием или даже при равенстве этих двух процессов искомого соединения не окажется в растении, с какой бы энергией не происходил процесс его новообразования. Поэтому отсутствие углеводов в быстро нарастающих частях растения может быть с одинаковым правом истолковано как следствие усиленного их потребления или же объяснено, согласно воззрению *Бородина*, недостатком образования углеводов в этих местах.

Фосфоресценция. В тесной связи с дыханием растений находится фосфоресценция живых растительных организмов, совершенно аналогичная свечению животных; до сих пор из всех растений ее удалось наблюдать только на некоторых грибах и бактериях.

Между грибами ярким свечением отличаются некоторые из шапочных грибов рода Agaricus, именно виды A. olearius, A. noctilucens и A. Gardneri. Обстоятельнее всего исследовано свечение A. olearius; гриб этот золотисто-желтого цвета появляется вблизи оливковых деревьев в октябре и ноябре; изучением свечения его занимались *Делиль*[180], *Фабр*[181] и *Тюлан*[182]. Свечение исходило преимущественно из нижней поверхности шапки (гимениального слоя), за исключением, однако, спор; оно делалось заметным на молодых экземплярах и продолжалось беспрерывно вплоть до отмирания гриба. Свечение достигает иногда такой силы, что удается (*Пфеффер*) отличать светящиеся предметы на расстоянии 1000 шагов. *Гарднер*[183] мог читать при свете, исходившем от нескольких экземпляров Agaricus gardneri.

Свечение в темноте кусков гнилого дерева, разлагающихся морских рыб, гниющего мяса и трупов уже давно было известно; до последнего времени предполагали, что свет исходит от самого субстрата, и рассматривали фосфоресценцию как явление, свойственное телам отмершим. Между тем точные микроскопические исследования показали, что светит не субстрат, а микроскопические живые организмы, развившиеся на его поверхности и принадлежащие частью к грибам, частью к бактериям. Исследуя светящиеся корни ели, *Лудвиг*[184] нашел их покрытыми мицелием Rhizomorpha. Светящиеся места корней соответствовали в точности местам, занятым этим мицелием; мицелий по снятии с корня продолжал светиться, между тем как освобожденная от него поверхность корня оставалась темною. Свет, исходящий из Rhizomorpha, был настолько силен,

---

180 *Raffenau-Delile-Guillemin.* Arch. Bot. 2, 513 (1833).
181 *Fabre.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 4, 179 (1855).
182 *Tulasne.* Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 9, 341 (1848).
183 *Gardner.* Hooker. Journ. Botany 2, 426 (1840).
184 *Ludwig.* Ueb. d. Phosphorescenz d. Pilze u. d. Holzes. Jnaugur. Dissert. Hildburghausen. 1874.

что был ясно заметен на расстоянии 3 м. По наблюдениям *Пфлюгера*[185], свечение гнилого дерева обусловливается иногда бактериями. Их же нашел он светящимися на поверхности разлагающейся рыбы; они, по его показаниям, могут обусловливать свечение морской воды. Относительно организмов, вызывающих свечение мяса, мне не удалось отыскать точных данных; между тем это явление, по *Брюке*[186], встречается нередко в мясных лавках, но не разглашается продавцами из опасения навлечь через это себе неприятности. Подобное же свечение случалось наблюдать на трупах в анатомических театрах и удавалось даже вызывать фосфоресценцию в другом трупе, приводя его в прикосновение с трупом уже светящимся.

Свечение во всех этих случаях оказалось тесно связанным с жизненными отправлениями растений; оно проявлялось лишь между известными предельными температурами и только в присутствии кислорода. Agaricus olearius начинал обнаруживать свечение при 3° C выше нуля, при 8—10° C оно достигало максимума и при дальнейшем повышении температуры не делалось более ярким; при нагревании гриба до 50° C оно совершенно прекращалось. По наблюдениям *Лудвига*, свечение Rhizomorpha появлялось при 5,4° C и затем постепенно возрастало до 25—30° C; при этих температурах достигало максимума, а при дальнейшем нагревании гриба постепенно слабело; при 45° C исчезало, появляясь вновь при охлаждении; от нагревания до 50° C пропадало безвозвратно.

Зависимость свечения от присутствия кислорода наблюдал *Фабр* над Agaricus olearius; при замене воздуха азотом, водородом или углекислотой свечение прекращалось; так же и в прокипяченой воде; в воде же, содержавшей в растворе воздух, гриб продолжал светиться, как в воздухе, пока в воде оставалось достаточное количество кислорода.

Бруме[187] нашел светящийся гриб в Вест-Индии на листьях Spermacoce; *Беркелей* определил гриб этот за Didymium.

Указания на свечение высших растений весьма сомнительны. Сюда относятся наблюдения *Сенебье* над свечением початка Arum maculatum в атмосфере кислорода, не подтвержденное, однако, другими исследователями; указания на свечение некоторых цветов (Tropaeolum majus, Oenothera), листьев (Phytolacca) и водоросли (Oscillatoria)[188].

Явления фосфоресценции интересны еще в том отношении, что они представляют редкий случай окисления при обыкновенной температуре, сопровождаемый выделением световой энергии. Спектроскопическое исследование света, издаваемого Rhizomorpha, обнаружило преобладание в нем более преломляемых лучей, начиная с голубых. *Лудвигу* удалось открыть несколько линий поглощения в светло-голубых лучах и широкую абсорбционную полосу в ультрафиолетовой части спектра.

---

[185] *Pflüger*. Arch. f. ges. Physiol. 9; 223 (1875). (Just Jahresb. 1876; 261).
[186] *Брюке*. Физиология, 1; 63 (русск. перевод).
[187] *Broome*. Lin. Soc. 20 Nov. 1874. (Just. Jahresb. 1874; 214).
[188] *Fries*. Flora, 1859; p. 178; *Meyen*. Physiol. 2; 200 (1838) и *Pfeffer*. Physiol. 2, 418 (1881).

Состав света в разных фосфоресцирующих растениях, по всему вероятию, весьма различен; он обнаруживает различную окраску: так, например, Agaricus Gardneri светится зеленоватым, Agaricus igneus — синим светом.

Если подвести итог длинному ряду вышеизложенных исследований, то в результате окажется приблизительно следующее.

1. Построение организованных образований (клеток, тканей, органов) происходит в растениях всегда на счет органических соединений, заранее заготовляемых. Необходимый для построения тела растения пластический материал в некоторых случаях является уже отложенным вполне в период, предшествующий его потреблению (в семенах, луковицах), иногда он вырабатывается растением одновременно с заложением новых органов и переносится по растению из мест, где он образуется, в нарастающие части (при разрастании цветов, плодов, стволов и корней) или, наконец, заимствуется растением непосредственно из окружающей среды (при питании грибов).

2. Построение организованных образований, по-видимому, производится одинаковым образом, совершенно независимо от способа приготовления пластического материала и источника, из которого он берется.

3. Главную массу пластического материала составляют белковые тела, жиры и углеводы; до некоторой степени уже удалось проследить химические метаморфозы, которым они подвергаются при построении из них организованных образований; особенно интересные данные получились относительно ближайших продуктов распадения белковых тел, между которыми наиболее существенным оказался аспарагин. Любопытные, хотя, к сожалению, еще весьма отрывочные сведения представляют также наблюдения над участием аморфных ферментов в растворении запасного материала.

4. Далеко не весь запас отлагаемых органических соединений превращается, как мы видели, в ткани нарастающих частей растения: значительная часть его (углеводы) сожигается внутри растения и теряется безвозвратно.

5. Затрата эта оказывается необходимой для растения; через сожигание части пищи развивается внутри растения тепловая энергия, без которой немыслимо проявление жизненных отправлений; смотря по условиям, в которых растение находится, освобождаемая тепловая энергия тратится вся без остатка или только частью; в этом последнем случае излишек ее может быть обнаружен посредством термометра или термоэлектрического прибора (нагревание початка Arum).

6. Самонагревание растения является следствием усиленного дыхания растений; подобно животным, они поглощают при переработке органических соединений в организованные образования кислород, выделяют углекислоту и освобождают тепловую энергию.

7. Кроме нормального дыхания, происходящего только в присутствии кислорода, отличают внутреннее, или интрамолекулярное; последнее обнаруживается в отсутствие кислорода и проявляется в расщеплении мо-

лекул глюкозы на углекислоту, которая выделяется в окружающую атмосферу, и спирт, накопляющийся иногда в значительном количестве внутри растения. В каком отношении находятся между собой нормальное и интрамолекулярное дыхание, выяснить в точности еще не удалось, известно только, что нормальное дыхание служит стимулом главнейших жизненных отправлений растения, между тем как в отсутствие кислорода, несмотря на дыхание интрамолекулярное, растение в скором времени отмирает.

8. В некоторых, сравнительно весьма редких случаях при процессах окисления образуется, помимо тепловой энергии, и световая, вследствие чего растения светятся в темноте; фосфоресценцию удалось до настоящего времени наблюдать несомненно только у некоторых грибов (Agaricus) и бактерий.

Глава третья

СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ

Исследования, изложенные в предыдущей главе, показали, что построение тела растения (как и животного) происходит на счет органических соединений, составленных главным образом из белковых тел, жиров и углеводов. В большинстве случаев соединения эти приготовляются самим растением и доставляются по мере надобности в нарастающие части; гораздо реже они заимствуются растением из окружающей среды. Последнее происходит, например, при питании насекомоядных растений насекомыми, при питании паразитов, которые высасывают органические соединения из других живых существ, а также при разрастании сапрофитов на счет остатков отмерших животных и растений. Если принять во внимание, что животные питаются или непосредственно растениями, или же другими животными, которые требуют растительной пищи, то необходимо допустить, что и насекомоядные растения, а равно и паразиты, и сапрофиты разрастаются на счет органических соединений, приготовленных растениями; все различие в их питании от большинства растений сводится, следовательно, к тому, что они пользуются соединениями, уже заранее приготовленными другими растениями, между тем как в большинстве случаев растения сами приготовляют необходимые органические соединения.

Вне растений не удалось в природе наблюдать условий синтеза органических соединений; только лабораторным путем получен синтез некоторых из них. Растения представляют поэтому единственные на земной поверхности аппараты, приготовляющие сложные органические соединения. Процессы синтеза происходят в них в столь значительных размерах, что покрывают с избытком расход органических соединений на питание всего растительного и животного царства.

Полученный избыток накопляется на земной поверхности в виде отмерших растений; последние местами нагромождаются в столь значительном количестве, что образуют мощные пласты, которые, постепенно разлагаясь, со временем превращаются в громадные залежи каменного угля, кокса, бурого угля и торфа. Этим горючим материалом приводится в движение бóльшая часть машин; от растений вместе с пищей заимствуется, как увидим ниже, запас энергии, необходимой для проявления жизненных отправлений животных и растений. Из всего сказанного понятен высокий научный интерес процессов синтеза органических соединений, происходящих в живых растительных организмах.

В настоящее время дознано с достаточной ясностью, что все растения способны к синтезу органических соединений, не исключая насекомоядных и сапрофитов; для последних, однако, синтез органических соеди-

нений не является необходимым и может совершенно отсутствовать, если только в окружающей среде будут находиться необходимые органические соединения.

Кроме того, обнаружилась по отношению к синтезу органических соединений в растениях резкая разница, тесно связанная с окраской растения и его тканей. Полный синтез органических соединений оказался присущим исключительно клеткам, снабженным хлорофиллом; только растения с хлорофиллоносной тканью проявили способность образовать все необходимые органические тела из смеси нескольких неорганических солей, воды и углекислоты, т. е. из одних минеральных соединений. Растения же, лишенные зеленой окраски, поставленные в эти условия культуры, развивались лишь настолько, насколько заключали в себе запасного материала, и затем отмирали; для их разрастания требовалось еще, кроме минеральных составных частей пищи, присутствие в окружающей среде какого-нибудь тройного органического соединения, составленного из углерода, водорода и кислорода (например, сахара); в последнем случае синтез остальных соединений идет до конца и растения развиваются нормально.

Сообразно с этими результатами я изложу сперва исследования над полным синтезом хлорофиллоносных растений и затем перейду к неполному синтезу органических соединений в растениях, лишенных зеленой окраски.

I. СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ, СНАБЖЕННЫХ ХЛОРОФИЛЛОМ

Опыты над прорастанием семян показали, что в первое время развитие растеньица идет на счет запасных веществ семени; извне оно заимствует только воду и кислород. Если лишить растение сырой пищи, например выращивать его из семени в прокаленном и промытом песке или в дистиллированной воде, то выросшее из семени растение обнаружит не прибыль, а значительную убыль органического вещества (см. главу II). При этом, однако, оно будет образовывать новые органы на счет имеющегося в его распоряжении пластического материала. По наблюдениям *Бусенго*[1], некоторые растения, например боб, лупинус, овес, подсолнечник, могут пробегать полный цикл развития и не только цвести, но и приносить зрелые семена, образуя их, конечно, исключительно на счет запасного материала посеянного семени. Подобные растения, развившиеся вполне, хотя и в миниатюре, из запаса семени, *Бусенго* назвал *предельными* растениями (*plantes limites*).

При благоприятных условиях культуры растение начинает по мере истощения запасного материала ассимилировать сырую пищу извне и строить из нее сложные органические соединения; приток сырой пищи является для него необходимым вплоть до окончательного развития,

[1] *Boussingault.* Agron., Chim. agricole, Physiol. T. 1, 154 и 171 (1860).

и с этого времени удерживается в растении преобладание процессов синтеза органических соединений.

При исследовании синтеза органических соединений в растениях представляются три главных вопроса. 1. Какие соединения составляют необходимые составные части сырой пищи и откуда они заимствуются растением? Какие соединения вводят в растение корни из почвы и листья из атмосферы? 2. Какого рода синтез имеет место в растении при построении из сырой пищи сложных органических соединений? 3. Откуда заимствуется присущий органическим соединениям запас энергии, которым обусловливается жизнедеятельность не только растений, но и остальных живых существ на поверхности земного шара?

Из этих трех вопросов удалось до некоторой степени выяснить только первый и отчасти третий; относительно второго вопроса имеются пока только одни предположения.

А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ ПИЩИ И УЧАСТИЯ КОРНЕЙ И ЛИСТЬЕВ В ПРИНЯТИИ СЫРОЙ ПИЩИ

Участие корней в принятии сырой пищи

У большинства растений (за исключением растений с водными или воздушными корнями) корни ветвятся в почве и вбирают из нее необходимую для растений пищу. Исследования питания корнями при обыкновенных условиях произрастания растений представляет почти непреодолимые трудности. Затруднения обусловливаются не только чрезвычайным разнообразием и сложностью состава почвы, но еще и тем, что физические свойства ее являются почти столь же влиятельными на развитие растений, как и состав почвы. Если ограничить даже расследование питания корней одной какой-нибудь из плодородных почв, то и это не уменьшило бы значительно трудности задачи. В состав плодородной почвы входят, кроме минеральных соединений, значительные количества разлагающихся остатков животного и растительного происхождения; последние, разлагаясь, вызывают изменения в составе сопровождающих их минеральных соединений; подобная почва представляет, следовательно, среду постоянно изменяющуюся и действует на корни различно, соответственно химическим процессам, которым она подвергается.

При этих условиях остается возможным один только путь расследования питания растения: анализ растения в различные периоды развития; увеличение в весе сухого вещества и его составных частей укажет при этом на прибыль органического вещества, а также и несгораемых составных частей пищи, которые вошли в растение в промежуток времени между анализами. Подобных работ произведено несколько: над *овсом* имеются работы *Арендта*[2], *Бретшнейдера*[3] и *Фитбогена*[4], над *пшеницей* —

[2] *Arendt.* Die Haferpflanze, 1859.
[3] *Bretschneider.* Journ. f. pract. Chem. 76; 193 (1859).
[4] *Fittbogen.* Land. Vers. 6; 474 (1864).

Изидора Пиерра[5], над *клевером* — *Ульбрихта*[6], над *Vicia narbonensis* и *Vicia Faba* — *Пота*[7], над *свекловицей* — *Бретшнейдера*[8], над *подсолнечником* — *Людоговского*[9]. Все они имеют один общий недостаток: приводимые цифры анализов относятся (за исключением работы *Фитбогена* над овсом) только к надземным частям растений; корни же совершенно выключены вследствие трудности отделить их от земли без значительного повреждения. Кроме того, данные, сообщенные различными исследователями, даже относительно одного и того же растения настолько различны, что на основании их невозможно сделать определенного вывода. Более всего согласные результаты получились касательно прибыли сухого вещества в различные периоды развития: максимум ассимиляции у всех растений оказался около времени цветения; у овса, свекловицы, клевера, подсолнечника количество сухого вещества возрастало до окончательного созревания растений, между тем как у пшеницы и рапса максимум сухого вещества был найден за 15—20 дней до созревания; в последние дни оказалась даже значительная убыль в его весе. Этими данными определяются также и изменения в количестве органических (сгораемых) соединений, так как они составляют, как мы видели, главную массу сухого вещества.

Относительно минеральных составных частей растений выяснилось только, что они принимаются растением почти сполна до конца цветения. Более специальные указания настолько различны, что не позволяют вывести определенного заключения; таковы, например, данные о принятии растением магнезии, фосфорной кислоты и кремнекислоты. Максимум принятия магнезии овсом совпадал у *Арендта* с началом созревания семян, между тем как *Бретшнейдер* и *Фитбоген* наблюдали его в первом периоде развития овса; в последний период, обнимавший время от конца цветения до окончательного созревания семян, по *Бретшнейдеру*, овес усвоил лишь $^1/_{15}$ всего количества магнезии; по *Фитбогену* же, вся магнезия оказалась принятой растением сполна до начала этого периода. Столь же различны указания о принятии овсом кислот, фосфорной и кремневой: по *Фитбогену*, максимум их усвоения падает на первый период развития овса до выколосования, по *Арендту*, совпадает со временем цветения, по *Бретшнейдеру* — с периодом созревания семян.

Кроме того, в каждой работе встречаются цифры, несомненно свидетельствующие о нарушении правильного хода ассимиляции под влиянием внешних условий. Всякому известно, насколько засуха или излишняя влажность почвы, слишком низкая или высокая температура и недостаток или избыток света влияют на растительность; если принять в соображение бесконечное разнообразие совокупности условий произрастания на поле, то становится понятным, почему вышеприведенные работы непригодны для определения нормального хода ассимиляции, хотя и могут

---

[5] *Isidore Pierre.* Rech. experimentales s. l. développement. du blé etc. 1866.
[6] *Ulbricht.* Land. Vers. 3; 241 (1861) и 4; 1 (1862).
[7] *Pott.* Land. Vers. 25; 57 (1880).
[8] *Bretschneider.* Mittheil. d. landwirthsch. Centralvereins f. Schlesien, H. 11; 94 (1860).
[9] *Людоговский.* Подсолнечник. 1869.

дать ценные указания в каждом частном случае. Путем анализа золы растений невозможно получить указаний на необходимые составные части пищи даже при нормальном развитии выращиваемого растения и при благоприятных внешних условиях; несомненные факты убеждают в том, что одним составом золы нельзя руководствоваться при определении значения в питании растений составных ее частей. Наглядный пример этому представляет кремнекислота: она изобилует постоянно в золе злаков и содержание ее в золе их нередко доходит до 70%, между тем *Кнопу* и другим исследователям удалось выращивать весьма успешно овес и маис в растворе солей без кремнекислоты. С другой стороны, железо, находимое в золе лишь в минимальных количествах, оказалось необходимым для нормального развития растений; присутствием его обусловливается, как увидим ниже, зеленая окраска растений, т. е. образование хлорофилла. При недостатке железа растения образуют желтоватые побеги и остаются недоразвитыми.

В настоящее время поэтому при исследовании питания прибегают к *искусственной культуре* растений в условиях по возможности определенных: выращивают растение из семени в почве известного состава и, кроме того, наблюдают, чтобы и остальные внешние деятели — теплота, свет, состав атмосферы — влияли в продолжение опыта равномерно или же варьировали в известном только направлении, согласно желанию экспериментатора. Кроме растения, подвергают анализу и почву. Этим путем удалось уже выяснить некоторые стороны питания.

Первые попытки культуры растений в искусственной почве были произведены *Дюгамелем* [10]; он заставлял прорастать семена в губке, смоченной водой, а затем выращивал проросшие растения, погружая их корнями в воду. Ему удалось получить из семени боба растение со стеблем в 3 фута высотой; стебли были покрыты отлично развитыми листьями и цветами; некоторые цветы принесли даже маленькие плоды. Дикие каштаны тоже разрастались быстро в воде и в первые три года не отставали в развитии от посаженных в обыкновенную почву; миндальное дерево продолжало расти в воде четыре года, дуб — восемь лет; по уверению *Дюгамеля*, оба последние деревца погибли лишь случайно. Не отрицая, что прирост их с каждым годом становился меньше, *Дюгамель* считал вышеприведенные опыты вполне доказывающими возможность нормального питания растений одной водой и заключил из них, что растения в состоянии выработать из воды значительное количество твердого вещества, между прочим, и минеральные соединения.

В настоящее время мы знаем, что разрастание растений в опытах *Дюгамеля* было обусловлено содержанием неорганических солей в воде, в которой находились корни растений, так как для опытов употреблялась безразлично дождевая, колодезная или речная вода; мы знаем также, что при устранении минеральных соединений из почвы, при замене колодезной или речной воды дистиллированной получается совершенно другой результат. Воззрения, сходные с высказанным *Дюгамелем*, господ-

[10] *Duhamel*. Physique d. arbres. 1 partie. Paris, 1758.

ствовали в науке до начала сороковых годов, несмотря даже на капитальные труды *Соссюра*, который в самом начале настоящего столетия утверждал, что минеральные составные части растений заимствуются растением из почвы и необходимы для его питания. Результаты *Соссюра* оставались почти сорок лет мертвой буквой, так что даже в 1838 г. была предложена в Реттингене анонимным любителем ботаники задача: исследовать, составляют ли неорганические соединения необходимые составные части растений? Нуждаются ли в них растения для своего развития и доставляются ли минеральные составные части растению извне? В работе, представленной *Вигманом* и *Польстдорфом*[11] и удостоенной премии, предложенные вопросы были решены в смысле, согласно с воззрениями *Соссюра*. Они выращивали семена в платиновом тигле, на мелко изрезанной тонкой платиновой проволоке и поливали их дистиллированной водой. Сравнительные определения количества золы семян Vicia sativa, Hordeum vulgare, Avena sativa, Polygonum Fagopyrum и золы выращенных из них растений показали, что при полном устранении из почвы минеральных соединений вес золы проросших растений совпадал с весом золы семян, взятых для опыта.

Только со времени появления работы *Вигмана* и *Польстдорфа* учение *Соссюра* о роли минеральных соединений в питании растений сделалось общепринятым; упрочению этого взгляда весьма много содействовал *Либих*[12]. В последнее время удалось, наконец, посредством культуры растений в искусственных почвах поставить вне всякого сомнения необходимость минеральных веществ в питании растений.

Растение выращивается в искусственной почве из семени. Почвами для культуры растений служат предварительно прокаленный и промытый песок, пемза, бисер, уголь или же дистиллированная вода, к которым примешивают смесь питательных веществ совершенно определенного состава. Из сравнения веса сухого вещества семени и выросшего растения заключают о количестве усвоенного растением твердого вещества.

Выращивание растений в твердой искусственной почве

Выращиванием растений в твердой искусственной почве занимались *Бусенго*[13], граф *Сальм-Горстмар*[14], *Гельригель*[15] и *Фитбоген*[16]. *Бусенго* прибавлял к прокаленной почве золы того вида растения, которое желал вырастить; остальные же исследователи вводили в почву смесь минеральных солей, руководствуясь при составлении смеси составом золы

[11] *Wiegmann u. Polstdorff.* Üeb. d. anorganichen Bestandtheile d. Pflanzen. 1842.
[12] *Либих.* Химия в приложении к земледелию и физиологии растений.
[13] *Boussingault.* Agron. Chim. agricole, Physiol. T. 1 и 2 (1860).
[14] Graf *Salm-Horstmar.* Journ. f. pract. Chem. 46; 193 (1849); 52, 1, (1851); 54, 129 (1851), 61, 49 (1854); 64, 1 (1855); 73 193 (1858); 84, 140 (1861); его же: Versuche u. Resultate üb. d. Nahrung d. Pflanzen. 1856.
[15] *Hellriegel.* Ann. d. Landwirthsch. 1861, p. 296.
[16] *Fittbogen.* Land. Vers. 13; 81 (1870).

растения, предназначенного для культуры. Все эти опыты привели к выводу, что некоторые по крайней мере из культурных растений, произрастающие обыкновенно в почве, богатой гумусом, могут развиться вполне и достигнуть нормальных размеров и веса, получая пищу, составленную исключительно из минеральных соединений.

Опыты *Бусенго* будут изложены ниже, в разделе об усвоении азота растениями, так как исследование этого вопроса составляло главную цель его работы. Здесь же я ограничусь только замечанием, что *Бусенго* удалось вызвать весьма значительный прирост органического вещества в растениях, выращенных из семени в смеси золы и селитры; последнее соединение служило источником азота, необходимого для построения азотистых органических соединений преимущественно амидных и белковых тел.

Сальм-Горстмар выращивал из семян овес и ячмень в угле, полученном через сожигание сахара, в прокаленном и промытом песке и в толченом кварце; в смеси неорганических солей и азотнокислой соли калия растение обнаруживало значительный прирост органического вещества. В присутствии же одной только азотнокислой соли или только остальных солей смеси оно не переступало за пределы прорастания. Прочие выводы *Сальм-Горстмара*, относящиеся до роли отдельных составных частей смеси, а также и марганца, натрия, лития, цезия и других металлов в питании растений, весьма гадательны и внушают мало доверия.

Гельригель и *Фитбоген* произвели исследования над ячменем. *Гельригель* поставил себе задачею вырастить из семени по возможности нормальный ячмень в песке с прибавлением минеральных соединений. Промытый водой песок смешивался предварительно с определенным количеством минеральных солей, взятых в твердом виде, и затем смачивался водой настолько, чтобы вода составляла по весу 5% взятого для опыта песка; заменяя испарившуюся воду свежей, *Гельригель* поддерживал в почве по возможности одинаковую степень влажности. В состав смеси вошли следующие соединения: фосфорнокислый калий, хлористый натрий, углекислый кальций, сернокислый магний, окись железа и кремнезем; кроме того, азот в виде азотнокислых солей щелочей или щелочных земель или же в виде сернокислого или фосфорнокислого аммиака.

Труды *Гельригеля* увенчались хотя и не полным, но все-таки значительным успехом. Ему удавалось неоднократно выращивать экземпляры ячменя, по его выражению, *нормальные*. Нормальными же он считал только такие растения, которые: 1) росли беспрерывно без проявления уродливостей или отклонений вплоть до созревания семян; 2) по окончании произрастания значительно превосходили семя по весу органических и минеральных соединений; 3) представляли нормальное отношение отдельных частей: соломы, мякины и зерен и 4) производили семена, вполне развитые и сходные по величине и весу с посеянным семенем. Нормальные растения *Гельригеля*, однако, только отчасти удовлетворяли поставленным им требованиям. Наилучшие из выращенных в песке растений по весу и размерам соответствовали только средним экземплярам растений, выросших на плодородной почве, т. е. усвоили себе сравнительно небольшое количество органического вещества. Один из наиболь-

ших экземпляров ячменя, взятый с плодородной почвы, заключал в надземных частях 5,539 г сухого вещества; среднего роста ячмень — всего 2,778 г; экземпляры же ячменя, выращенные *Гельригелем* в песке с солями, весили (за исключением корней) от 0,5 до 2,4 г или, другими словами, превосходили вес семени от 16 до 75 раз[17]. Нельзя, однако, не сознаться, что достижение даже этого результата составляло очень важное приобретение в науке. В работе *Гельригеля* затронуты, кроме того, и другие вопросы по питанию растений: он показал, что семена прорастают и в чистом песке, но что выросшие растеньица по высушивании весят меньше сухого семени или, другими словами, что прорастание сопровождается в этом случае значительной потерей органического вещества. Незначительная прибыль в весе получалась при выращивании ячменя в смеси песка с минеральными солями без соединений азота, а равно и в песке, содержавшем только одно из вышеприведенных азотистых соединений. Нормальное развитие обнаруживалось лишь в полной смеси солей. Наилучшей оказалась смесь, в которой все необходимые для растения минеральные соединения (кали, натр, известь, магнезия, окись железа, фосфорная кислота, хлор, углекислота, серная кислота, кремнекислота) были смешаны в эквивалентных отношениях с примесью азотной кислоты или аммиака в таком количестве, чтобы на эквивалент минерального соединения приходился эквивалент азота. Наилучшие результаты дала подобная смесь в количестве, равном $^1/_{10}$—$^1/_4$% веса употребленного песка[18].

Замечательно, что растения не только не погибали, но даже разрастались в песке с солями, где содержание их доходило до 15 и даже 18% количества введенной в почву воды. *Гельригель* приписывает это частичному притяжению песка к растворенным солям, вследствие чего, по его предположению, бóльшая часть вещества была изъята из раствора (см. ниже о поглотительной способности почвы). Мне кажется, что слишком значительная концентрация смеси солей обусловливала, по крайней мере отчасти, сравнительно небольшое разрастание ячменя в опытах *Гельригеля*.

Фитбоген выращивал ячмень в прокаленном и промытом песке, к которому примешаны были вода и минеральные соединения: кислый фосфорнокислый калий, хлористый калий, азотнокислый кальций, сернокислый магний, окись железа и кремнекислота; на одну часть их смеси приходилось от 640 до 700 частей воды. Результаты получили одинаковые с предыдущими. Ячмень, выращенный *Фитбогеном*, оказался совершенно сходным с ячменем, взятым с поля в этой местности, как показывают следующие сравнительные цифры[19].

Вес ячменя (без корней),	взятого с поля Шевеном	=1,594 г
» » » »	выращенного Фитбогеном	=1,602
Вес семени ячменя,	взятого с поля,	=0,0285
высушенного при 100° С,	выращенного Фитбогеном,	=0,0287

[17] L. c., p. 352 и 353.
[18] L. c., p. 356, 357 и 358.
[19] *Fittbogen.* L. c., p. 99 и 100.

Сходным оказалось и весовое отношение семян к остальным надземным частям растения: в ячмене, выращенном *Фитбогеном*, пришлось, как в ячмене, взятом с поля, на 100 частей веса надземных частей растения 48,2% семян и 51,8% соломы и мякины.

Водная культура

Этим именем обозначают способ выращивания растений в водном растворе питательных веществ. Разработкой метода водной культуры обязаны *Кнопу*; со времени появления работ *Кнопа*[20] водная культура вошла во всеобщее употребление. Семена, предназначенные для культуры, заставляют в первое время прорастать на канве, натянутой над сосудом с дистиллированной водой, оставляя их погруженными в воду только нижней поверхностью; гниение семян в воде задерживают, прибавляя к ней немного гипса. Выступающие из семян корешки врастают сквозь канву в воду. Семена оставляют прорастать в воде, пока корешки не достигнут длины 2—3 см. Тогда переносят растения в раствор минеральных солей, концентрация которого не должна превышать $^1/_{1000}$. В раствор солей погружают только корень; верхняя часть проростка остается вне жидкости. Растеньице закрепляют в разрезе пробки посредством ваты следующим образом: для культуры употребляют стеклянный сосуд с широким горлом; в горлышко всаживается плотно входящая пробка, предварительно разрезанная сверху вниз на две равные части; в одной из половинок пробки вырезывается на срезанной стороне по оси пробки желобок.

При складывании обеих половин получается, таким образом, в пробке сквозное отверстие в центральной части; разняв пробку на части, вводят в желобок проросток, окруженный ватой, затем прикладывают другую половину пробки и всаживают ее в горлышко сосуда; вата, не сдавливая растеньица, тем не менее удерживает его в одном положении совершенно неподвижно (рис. 62). Для устранения развития плесни на пробке пропитывают ее предварительно парафином. *Кноп* советует увеличивать постепенно концентрацию раствора солей до $^3/_{1000}$—$^5/_{1000}$ по мере разрастания растений. Наиболее удачные результаты ему удалось получить при выращивании овса, маиса и кресса в смеси солей, составленной из: 1 части KNO_3, 1 части K_2HPO_4, 1 части $MgSO_4$, 4 частей $Ca(NO_3)_2$ и небольшого количества фосфорнокислого железа, прибавляемого в виде осадка к раствору солей.

Для получения этой жидкости приготовляют растворы определенной концентрации каждой из солей в отдельности; растворы смешивают в определенных объемах и разбавляют смесь водой до желаемой концентрации; после этого вводят в жидкость небольшое количество фосфорнокислого железа.

Весьма интересен прием, употребленный *Кнопом* при отыскивании

[20] *Knop*. Land. Vers. 1, 1; 1, 181; (1859) 2, 65; (1860) 3, 295; (1861) 4, 137 7 173; (1862) 6; 81; (1864) 7, 93; (1865); см. также его: Kreislauf d. Stoffes.

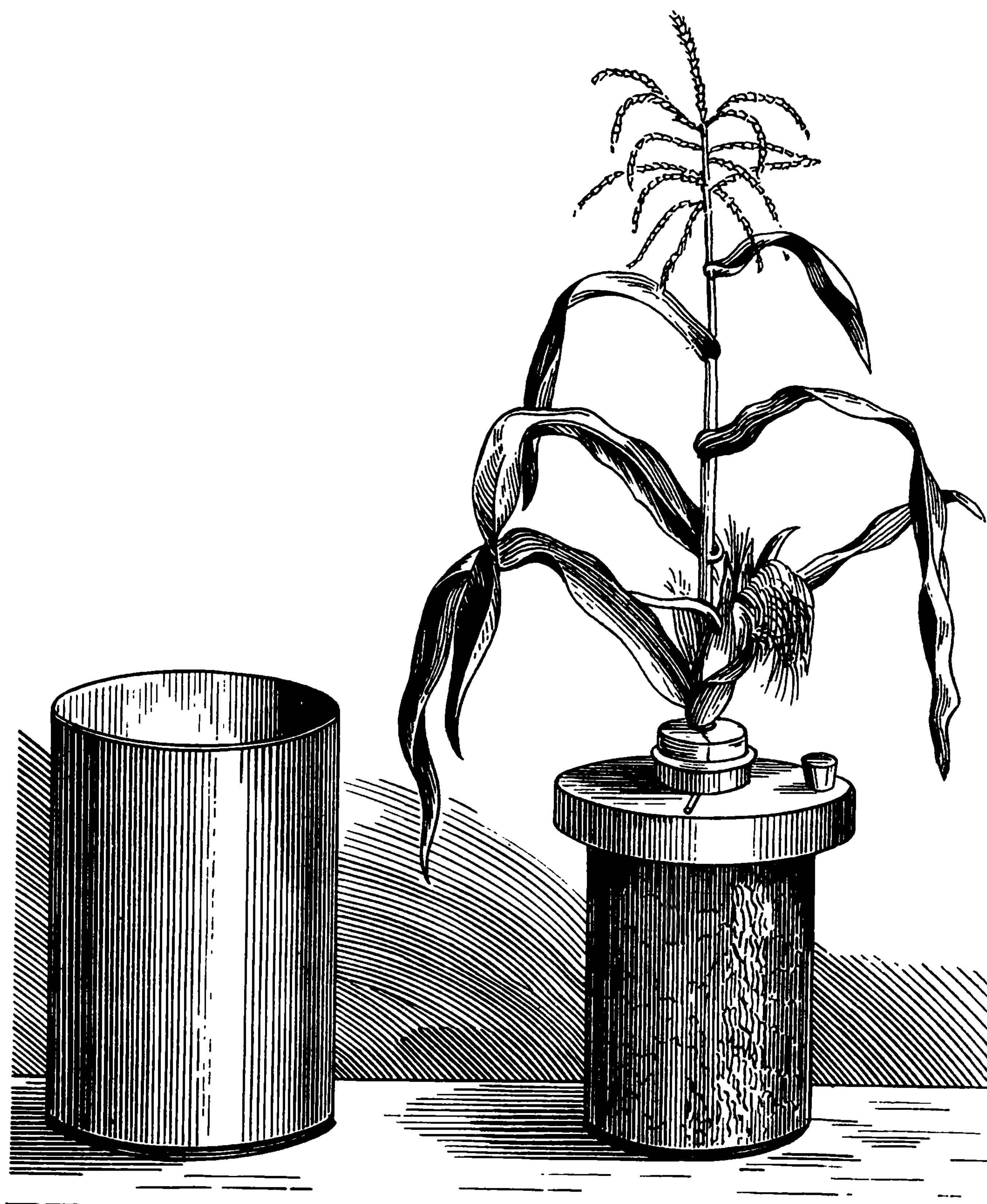


Рис. 62.

смеси, наиболее пригодной для выращивания растений. Задача *Кнопа* состояла в том, чтобы найти смесь, которая заключала бы в себе все необходимые составные части сырой пищи и притом смешанные в пропорциях, по возможности соответствующих потребностям выращиваемого растения. Раствор, вполне удовлетворяющий последнему условию, должен всасываться растением без изменения и, следовательно, оставаться по возможности неизменным во время опыта. *Кноп* определял изменения, произведенные в растворе выращиваемым растением, и производил затем соответственные изменения в его составе. *Кноп* постепенно приспособлял раствор к потребностям выращиваемого растения, увеличивая в нем содержание соединений, которые всасывались корнями быстрее остальных, и убавлял количество тех, которые проникали в растение медленнее. Для выяснения употребленного приема я приведу в виде примера несколько опытов, предпринятых *Кнопом* для приготовления раствора, по возможности приспособленного к выращиванию маиса. Молодое растенье-

це было погружено корнями в смесь, в которой

$$CaO/MgO=2,9, \quad K_2O/CaO=1,5, \quad SO_3/MgO=2,1;$$

в конце первого периода культуры оказалось, что эти соединения были приняты растением в следующих отношениях:

$$CaO/MgO=3,4; \quad K_2O/CaO=1,5; \quad SO_3/MgO=2,2,$$

т. е., что магнезия была принята в меньшей пропорции, чем известь, между тем как относительные количества калия и извести, серной кислоты и магнезии вполне соответствовали составу раствора.

В конце первого периода маис был перенесен в свежий раствор того же состава; в конце второго периода получилось:

$$CaO/MgO=5,0; \quad K_2O/CaO=1,3; \quad SO_3/MgO=2,5,$$

т. е. обнаружились такие же изменения в составе раствора, как и в первом. Сообразно с этими цифрами оказалось, следовательно, в данном случае необходимым увеличить содержание магнезии. В этой же культуре к концу каждого периода исчезли из раствора фосфорнокислые соли калия и железа, следовательно, кроме магнезии, потребовалось увеличить содержание в растворе обеих последних солей.

Выращивание растений в водном растворе солей удается весьма легко; необходимо только вести опыт со следующими предосторожностями: 1) устранять растение от сильного солнечного света, затеняя его в ясные и жаркие дни; 2) следить за тем, чтобы раствор солей, окружающий корни, не имел щелочной реакции; верными признаками последней могут служить выделение сернистого водорода, легко открываемое по запаху жидкости, и появление на дне сосуда и на корнях сернистого железа в виде черного осадка; если уничтожить щелочную реакцию вовремя, то растение остается живым; достигнуть этого удается лучше всего, прибавляя к жидкости по каплям слабый раствор фосфорной кислоты до наступления средней или слегка кислой реакции; 3) отстранять от раствора солей свет; в противном случае в жидкости вскоре появляются в большом количестве зеленые водоросли; разрастаясь на счет минеральных солей, они затемняют результат опыта. *Кноп* советует помещать сосуд с раствором солей в цилиндр из картона; пространство же между горлышком и стенками цилиндра заложить ватой; 4) ко времени цветения производить искусственное опыление, особенно если культура производится в закрытом помещении.

Примечание. Одновременно с *Кнопом* занимался водной культурой *Сакс* (*Sachs.* Land. Vers. 2; 219, 1860); употребленный им прием значительно разнится от способа культуры, предложенного *Кнопом.* Не умея приготовить смеси солей такого состава, чтобы все соли (за исключением фосфорнокислого железа) находились одновременно в растворе, *Сакс* прибегнул к культуре растений в двух различных растворах, погружая попеременно в каждый из них корни растения; прием этот он назвал методом фракционированных растворов. Ему удалось вырастить из семян Phaseolus nana и Beta vulgaris со значительным приростом органического вещества. *Сакс,* при-

писывая себе почин в водной культуре растений, вел по этому поводу горячую полемику с *Кнопом;* последняя подробно изложена *Кнопом* в одном из прибавлений к его сочинению «Kreislauf d. Stoffes». Не вдаваясь в разбор полемики, я ограничусь замечанием, что *Сакс* прав в том отношении, что он первый получил значительный прирост органического вещества при выращивании растений в растворе минеральных солей. В то время, и даже гораздо позже, *Кноп* сомневался в возможности получения вышеозначенного результата путем водной культуры. Впоследствии же *Кнопу* удалось достигнуть этого результата. Несомненно, что прием *Кнопа* заслуживает предпочтение перед методом фракционированных растворов *Сакса;* только благодаря многочисленным и тщательным работам *Кнопа* водная культура вошла во всеобщее употребление при разработке питания растений. Метод же фракционированных растворов, предложенный *Саксом,* оказался настолько неудовлетворительным, что в настоящее время оставлен всеми, в том числе и его изобретателем.

Из других исследователей занимались водной культурой *Штоман*[21], *Ноббе*[21], *Зигерт*[23], *Луканус*[24], *Бирнер*[25] и *Вольф*[26].

Одного взгляда на выращенное в водном растворе солей растение достаточно, чтобы заключить о значительной прибыли твердого вещества во время произрастания; сравнение величины семени и растения не может дать, однако, определенного понятия о количестве усвоенной растением пищи. Для точной оценки необходимо произвести сравнение веса сухого вещества семени и выращенного растения. С этой целью выбирают несколько семян, по возможности сходных; часть их высушивают при 100° С, другие же выращивают в водном растворе солей. Из убыли в весе семени при высушивании заключают о количестве в нем воды и твердого вещества, между тем как привес твердого вещества в выращенном растении сравнительно с семенем служит указанием на прибыль твердого вещества в растении.

Наиболее удачные водные культуры сведены в табличке, указанной ниже (см. с. 251).

Некоторые из выращенных растений достигли необыкновенно роскошных размеров; например, в опытах *Вольфа* из одного семени овса вырастало от 30 до 60 побегов, получалось до 570 семян весом в 19 г; вес всего растения, высушенного на воздухе, равнялся 81 г. Японская гречиха, выращенная *Вольфом,* имела 2,14 м высоты, образовала 115 ветвей, 946 листьев, 521 кистей цветов, 796 совершенно зрелых и 108 не вполне созревших семян.

Прирост органического вещества во многих случаях оказался столь значительным, что превышал в несколько раз вес сухого вещества растений, выросших в плодородной почве:

---

[21] *Stohmann.* Henneberg Journ. 1862; Heft. 1; см. также Ann. d. Chem. Pharm. 121; 323 (1862) и Land. Vers. 6; 347 (1864).

[22] *Nobbe.* Land. Vers. 4; 318 (1862); 6; 57 (1864); 7; 68 и 371 (1865); 9; 228 (1867); 10; 1 (1868); 11; 106 (1869); с *Зигертом* 4; 318 (1860); 5; 116 (1861); 6; 19 и 108 (1862); с *Шредером* и *Эрдманом* 13; 321 (1871).

[23] *Siegert u. Nobbe* (см. *Nobbe*).

[24] *Lucanus.* Land. Vers. 7; 363 (1865).

[25] *Birner u. Lucanus,* см.: *Lucanus.*

[26] *Wolf.* Land. Vers. 8; 189 (1866); 10; 349 (1868).

Овес средней величины, взятый с поля, весил после высушивания при 100° С, по определению *Бирнера* и *Лукануса* (L. с., р. 132, 162 и 177),	1,7500 г
Овес, выращенный в огородной земле,	5,2690 г
» » в водном растворе солей	19,408 г
Гречиха в опытах *Ноббе*, выращеннная в плодородной почве, превосходила вес семени в	1000 раз
Гречиха в опытах *Ноббе*, выращенная в растворе солей, превосходила вес семени в	4786 раз

NB. Числа *Ноббе* относятся к семени и растению, высушенным на воздухе.

Маис, выращенный *Вольфом* (Land. Vers. 8, 196 и 200) в плодородной почве и срезанный близ поверхности земли, весил после высушивания при 100° С	49,50 г
Соответствующие части маиса, выросшего в растворе солей, весили	98,23 г.

Название растений	Вес семени, высушенного при 100° С, г	Вес выращенного растения, высушенного при 100° С, г	Мультипликат веса семени	Имя автора
Avena sativa	0,02733	19,408	710	*Бирнер* и *Луканус*. Land. Vers, 8; 162, 177
» »	0,0231	17,215	745	*Вольф*. Land. Vers. 8; 204, 206
» »	0,0231	32,017	1386	
» »	0,0346 *	81,629 * 81,307 *	2359 * 2349 *	*Вольф*. Land, Vers. 10; 352

NB. Числа в некоторых анализах *Вольфа* выражают вес семени и растения, высушенных на воздухе; в отличие от чисел, относящихся до высушенных при 100° С растений, они обозначены звездочкой.

Hordeum vulgare	0,051 *	12,63 *	250 *	*Вольф*. Land. Vers. 6; 28.
Zea Mais	?	50	?	*Кноп*. Land. Vers. 4; 176
» »	?	84,3	731	*Штоман*. Henneberg. Journ. f. Laudw. 7; 1
» »	0,1511	19,977	132	*Раутенберг* и *Кюн*. Land. Vers. 6; 357.
» »	0,3840	39,995 125,51	104 327	*Вольф*. Land. Vers. 8; 196 и 199.
Beta vulgaris	0,002 (Вес высушенного проростка по перенесении его в смесь минеральных солей)	1,689	844,5	*Луканус*. Land. Vers. 7; 371
» »	0,002	3,562	1781	
Trifolium pratense	0,0021	1,1540	540	*Луканус*. Land. Vers. 7; 364
Polygonum Fagopyrum	0,0205 *	23,176 *	1130 *	*Вольф*. Land. Vers. 10; 3
Японская гречиха	0,023 *	119,66 *	4786 *	

Опыты выращивания из семени картофеля и некоторых древесных пород в водном растворе солей дали также интересные результаты. *Ноббе* [27] удалось вызвать в картофеле образование клубней, из которых некоторые развились в жидкости, окружавшей корни; наибольший вес клубня равнялся в свежем состоянии 1,5 г, т. е. приблизительно соответствовал весу, достигаемому в первый год клубнями в земле при выращивании картофеля из семени. Подобный же результат получил и *Штоман* [28], с той только разницей, что один из выращенных клубней достиг гораздо большего веса, чем в опытах *Ноббе*, и весил в свежем состоянии 20 г. *Сорауер* [29] сообщает, что в Витмаке уже в продолжение трех лет успешно выращиваются в водной смеси неорганических солей следующие древесные породы, в том числе и некоторые плодовые деревья: сосна, ель, клен, вяз, ясень, ольха, липа, орешник, яблоня, груша, вишня, персиковое дерево, виноград и др. Они растут в растворе, концентрация которого равняется $^5/_{1000}$; в состав смеси солей входят:

фосфорнокислый кальций	0,5 частей
сернокислый магний	0,4 »
хлористый калий	0,7 »
азотнокислый кальций	4,0 »
и фосфорнокислое железо в небольшом количестве	

Несмотря на вышеприведенные цифры, *Кноп* считает произрастание растений в водном растворе солей не вполне нормальным и указывает на различия между водным раствором солей и почвой. В самом деле, влияние водного раствора солей ясно сказывается на развитии корней; корень, выросший в воде, резко отличается от нормального: он гораздо длиннее и тоньше последнего; кроме того, он ветвится в верхней части сосуда близ поверхности жидкости, между тем как в почве бóльшая часть разветвлений отходит от корня на значительной глубине. Различие это, несомненно, обусловливается средой, окружающей корни; промежутки между частицами почвы заняты газами, которые обновляются при посредстве атмосферы; при водной же культуре корни могут заимствовать лишь газы, растворенные в жидкости; недостаток в нижних слоях раствора кислорода, необходимого для произрастания корней, препятствует разветвлению их на значительной глубине и вызывает их скучение в поверхностном слое жидкости. Задержка в развитии корней в водном растворе производится отчасти и тем, что продукты выделения корня (например, аммиак) остаются в растворе и мешают росту корня; между тем как при произрастании в почве они немедленно ею поглощаются (см. ниже). *Кноп* даже высказал предположение, что между водными и земными корнями существует коренное различие и что первые могут расти только в воде, а вторые — только в земле. Последующие исследования, однако, не подтвердили этого взгляда. Оказалось, что, принимая

[27] *Nobbe.* Land. Vers. 6; 57 (1864).
[28] *Stohmann.* Land. Vers. 6; 348 (1864).
[29] *Sorauer.* Monatsschrift d. Vereins z. Beförderung d. Gartenbaues. Berlin. 1877; p. 58. (Just. Jahresb. 1877; 677).

некоторые предосторожности, можно заставить корни земные расти в воде и обратно.

Во всем остальном, за исключением корней, обнаружилось поразительное сходство между растениями, выращенными в почве и в водном растворе солей. Мы видели, что в водном растворе солей растения достигают полного созревания и нередко даже превосходят размерами и весом растения, снятые с плодородной почвы; они приносят семена, совершенно зрелые и тождественные с нормальными. Непосредственными опытами удалось убедиться, что семена растений водной культуры не только способны прорастать, но и вырастают при благоприятных условиях в роскошные растения.

Наконец, обнаружилось полное сходство с нормальными растениями в химическом составе и в распределении по органам органических и минеральных соединений. В виде примера приведу указания *Кнопа*[30] относительно маиса. Маис, выращенный *Кнопом* в водном растворе солей, обнаружил, подобно нормальному растению, преобладание извести в золе листьев, преобладание магнезии в золе плодов; зола семян не шипела с кислотами, между тем как в золе стебля и листьев заключалось много углекислоты. Принятие минеральных соединений оказалось, как и у растений, выросших в земле, законченным ко времени цветения. Сходство с последними проявилось еще в следующем: выращивая овес в различных растворах солей, *Вольф* заметил, что различие в составе смеси отражалось, как в нормальных растениях, почти исключительно на золе вегетативных органов, между тем как зола семян удерживала с замечательным постоянством один и тот же определенный состав. Единственное отличие, обнаружившееся во многих водных культурах, оказалось в большем содержании золы сравнительно с нормальными растениями; но сравнительные опыты культуры показали уже, что содержание золы находится в зависимости от концентрации раствора солей (см. ниже), и, по всему вероятию, со временем удастся устранить и эту аномалию.

Примечание. Из приведенных здесь указаний не следует, однако, заключать, чтобы выращиваемые в водном растворе солей растения во всех случаях обнаруживали вполне нормальное развитие. О степени пригодности раствора солей невозможно судить по одной прибыли сухого вещества в растении; нередко, например, наблюдалось (особенно у маиса) недоразвитие плодов при чрезмерном разрастании вегетативных частей; отклонения от нормального хода развития нередки, но они ничем не отличаются от подобных же аномалий, проявляемых растениями, выросшими на плодородной почве. Из всего сказанного следует только, что в настоящее время неизвестно аномалий, свойственных одним растениям водной культуры, за исключением разве вышеописанной разницы в разрастании корней.

Водная культура представляет важное преимуществео перед культурой в искусственной твердой почве в том, что допускает перенесение растения без малейшего повреждения корней из одного сосуда в другой; подвергая анализу жидкость, в которой находились корни, легко определить в точности, какие соединения приняты корнями из жидкости и в каком количестве они вошли в растение. При изучении хода ассимиля-

[30] *Knop.* Land. Vers. 4; 185 (1862).
Wolff. Land. Vers. 10; 361 (1868).

ции жидкость меняют по нескольку раз во время культуры и исследуют через определенные промежутки времени изменения в составе раствора солей. В последнее время старались выяснить при посредстве водной культуры: 1) влияние концентрации раствора солей на развитие растений и 2) роль каждой из составных частей искусственной смеси в питании растений. Только первый из этих вопросов удалось разрешить удовлетворительным образом.

Влияние концентрации раствора на развитие растений

Эту проблему изучали *Вольф*, *Бирнер* и *Луканус*, *Ноббе* и др. По исследованию *Вольфа*[31] над овсом, концентрация раствора солей в значительной степени обусловливает процентное содержание золы в выращиваемом растении; в жидкости, где на 1000 частей воды приходилось 0,618 частей солей, овес содержал 8% золы; количество золы увеличилось до 16% при культуре овса в растворе, содержавшем на 1000 частей воды 1,854 частей солей. Весьма любопытные наблюдения произвели над овсом также *Бирнер* и *Луканус*[32]. Видоизменяя концентрацию солей между $^1/_{1000}$ и $^5/_{1000}$, они нашли, что чем концентрированнее раствор, тем большей толщины достигают корни и тем многочисленнее их разветвления; стебли, листья и прицветники не обнаружили разницы в развитии; семена, напротив, весили тем меньше, чем концентрированнее был раствор, окружавший корни. Влияние концентрации раствора на поглощение растением составных частей нормального раствора сказалось в следующем: увеличение концентрации раствора имело последствием более усиленное принятие растением кали, извести, серной кислоты и отчасти магнезии; при этом содержание извести и серной кислоты возрастало во всех органах овса; кали и магнезия оказались в большем количестве лишь в соломине и пленках; в семенах содержание кали не изменялось, количество же магнезии уменьшалось в них по мере возрастания концентрации раствора солей. Между содержанием фосфорной кислоты и концентрацией раствора не удалось найти определенного соотношения.

По определению *Ноббе*[33], для гречихи наиболее пригодными оказались растворы солей от $^1/_{2000}$ до $^5/_{1000}$ концентрации. Гречиха может развиться, по опытам *Ноббе*, и в 1%-ном растворе солей, но только разрастается гораздо слабее и образует меньше органического вещества. Уже при употреблении раствора в $^3/_{1000}$ гречиха покрывалась эфлуоресцирующими солями в виде налета на узлах и листовых нервах, иногда и на листовой пластинке. При этом кожица на черешках и листовых пластинках нередко оказывалась порванной и на обнаженных местах наблюдались полости, покрытые микроскопическими друзами. Кристаллический налет состоял главным образом из хлористых щелочей и щелочных земель с примесью фосфорной кислоты и извести; в нем не было ни азотной кислоты, ни органических соединений.

---

[31] *Wolff*. Land. Vers. 8; 204 и 205 (1866).
[32] *Birner u. Lucanus*. Land. Vers. 8; 139 (1866).
[33] *Nobbe*. Land. Vers. 11; 106 (1869).

По опытам *Лукануса*[34], Trifolium pratense нуждается в растворе солей большей концентрации; наиболее пригодным оказался раствор концентрации в $^5/_{1000}$.

Исследование роли каждой из составных частей раствора солей в питании растений

Этот вопрос не удалось довести до конца. Выяснилось только, что для успешного произрастания растений необходимы все составные части нормальной смеси; развитие растения останавливалось, если недоставало хотя бы одной из составных ее частей. Для определения значения каждой из них производились при возможно одинаковых условиях сравнительные культуры растения в полной нормальной смеси и в растворе неполном, из которого изъято было соединение, влияние которого требовалось определить. Посредством этого приема удалось убедиться в полной остановке развития растения при отсутствии кали, также извести, магнезии, фосфорной кислоты, серной кислоты и железа; результат получился такой же при *полной* замене одной из составных частей раствора другой. См. вышеприведенные цитаты работ *Кнопа, Вольфа, Бирнера, Лукануса, Гельригеля*, *Штомана* и др.

Между тем оказалось возможным без вреда для растений изменять в значительном размере количественный состав раствора солей; развитие овса происходило, например, по свидетельству *Вольфа*[35], успешно при замене почти наполовину *калия — натрием, калия — кальцием и кальция — магнием.* Видоизменяя смесь солей, Вольф[36] вырастил овес с золой различного состава. В нормальном растворе солей, к которому была прибавлена кремнекислота, получился овес с золой, содержавшей 30% кремнекислоты, между тем как зола овса, выращенного в нормальной смеси солей с большим содержанием азотнокислого кальция, заключала вместо кремнекислоты до 38% извести.

Интересно также различие в содержании кали в золе ячменя, полученное *Гельригелем*[37] при выращивании его в песке с различным содержанием кали:

В горшке А, содержавшем 188 мг кали, в *восьми* растениях найдено было	121 мг кали
В горшке В, содержавшем 1128 мг кали, в *восьми* растениях найдено было	708 мг кали
В 100 частях соломы и пленок растений горшка А оказалось	13% кали
В 100 частях соломы и пленок растений горшка В оказалось	44% кали
В 100 частях золы семян растений горшка А	16% кали
В 100 частях золы семян растений горшка В	28% кали

при этом растения в обоих горшках были совершенно сходны между собой как по виду и размерам стебля и семян, так и по своему весу.

---

[34] *Birner u. Lucanus.* Land. Vers. 6; 19 (1868).
[35] *Wolff.* Land. Vers. 10; 367 (1968).
[36] *Wolff.* Land. Vers. 20; 397 (1877).
[37] *Hellriegel.* Land. Vers. 10; 105 (1868).

Кноп[38] произвел замену части кальция барием в клевере и полевой репе, поливая песок, в котором они произрастали, хлористым барием. В золе обоих растений оказался барий; особенно много заключала его зола полевой репы, в которой *Кноп* нашел равные количества бария и кальция.

Мы видели уже выше из сравнения анализов золы одного и того же растения из различных местностей, что зола может видоизменяться весьма значительно в составе без вреда для растения. Кроме приведенных примеров, заслуживают внимания следующие показания: по анализам *Паэна*[39] листья Mesembryanthemum crystallinum на острове Тенерифе содержат в золе тем меньше натрия и больше калия, чем дальше находятся растения от морского берега; подобную же разницу в составе золы обнаружило и Salsola tragus между Фронтинью и Эгморт, в золе этого растения столько натрия, что из него добывают соду; в Ронской же долине оно содержит только калий без следа натрия. *Герпат*[40] нашел в золе возделываемого Asparagus officinalis 50% кали и только следы натрия; зола же дикорастущей спаржи заключала только 18,8% кали и 16,2% натра.

Эти факты вполне согласуются с результатами культуры растений в искусственной почве определенного состава.

К необходимым составным частям нормального раствора солей некоторыми исследователями причисляется еще хлор. По опытам *Ноббе*[41], гречиха развивается в смеси солей ненормально, если в ней нет хлористых соединений. По его наблюдениям, отсутствие хлора сказывается только ко времени цветения; листья гречихи, выращенной без хлора, делаются толще нормальных, приобретают темно-зеленый цвет, становятся ломкими и легко спадают со стебля; кожица их отделяется от паренхимы, клетки которой легко разъединяются, подобно мякоти плодов. При этом стебель чрезмерно разрастается в толщину, достигая местами до 8 мм в диаметре, и покрывается кольцеобразными вздутиями. Подобно стеблю, разрастаются в толщину (до 3,5 мм) и черешки листьев. Стеблевая верхушечная почка к этому времени отмирает; то же замечается и относительно пазушных молодых побегов, которые погибают при самом начале развития. Все растения переполняются в отсутствие хлора крахмалом, так что от йода разрез листа принимает сплошную темно-синюю, почти черную окраску. Из культуры растений в растворе солей при этом выяснялось, что результат культуры с хлористым соединением в высокой степени зависит от металла, с которым вводится хлор. Наиболее благоприятное влияние оказали на развитие гречихи хлористый калий и хлористый кальций; соединения же хлора с натрием и магнием оставались без влияния на гречиху; в смеси солей с хлористым магнием получались растения такие же, как в жидкости без хлора, со стеблем, разросшимся в толщину до 8,5 мм. Результаты *Ноббе* вполне подтвердились исследо-

[38] *Knop.* Land. Vers. 1 (1859).
[39] *Jahresb.* Agr. Chem. 1860; 74.
[40] Ib., p. 75.
[41] *Nobbe u. Siegert.* Land. Vers. 4; 319; 5, 116; 6, 108; 7, 371.

ваниями над гречихой *Лейдхекера*[42] как в отношении вида растений, выращенных без хлора, так и касательно различного значения хлористых соединений щелочей и щелочных земель в питании гречихи.

Бейер[43] утверждает, что в растворе солей без хлористых соединений получается аномалическое развитие гороха и овса; последний будто не образует вовсе семян. Горох в отсутствие хлора принял кустистую форму, вызванную повторенным отмиранием старых листьев и появлением новых побегов; по-видимому, новые части гороха развивались на счет старых и растение едва переступило за стадию прорастания. Подобная же кустистость обнаружилась в отсутствие хлора и в овсе; образование чрезмерно большого числа новых побегов указывало на ненормальное развитие овса; последнее же сказалось особенно ясно в последний период культуры в том, что на овсе не образовалось ни одного семени. Противоречивые указания других исследователей *Бейер* объясняет трудностью приготовить смесь солей, вполне очищенную от хлора, и вести культуру, предохраняя растение от хлористых соединений, постоянно находимых в воздухе, хотя и в минимальных количествах. Он полагает, что во всех случаях, где получалось разрастание овса в водном растворе солей без хлористых соединений, последние доставлялись растению в виде примесей, помимо воли экспериментатора.

Фарски[44] также считает хлор за составную часть смеси, необходимую для нормального произрастания овса.

Кноп же, напротив того, продолжает отрицать значение хлора как необходимой части пищи и оспаривает выводы вышеприведенных исследователей. *Кноп* и *Дворжак*[45] утверждают, что им удалось вырастить вполне нормальные экземпляры маиса и боба в отсутствие хлора; маис даже развился у них лучше в смеси солей без хлора. Благотворное влияние хлористого калия на разрастание некоторых растений *Кноп* и *Дворжак* объясняют не непосредственным участием этой соли в питании растений, а влиянием хлористых соединений на всасывание растением других составных частей пищи. Не предрешая вопроса о значении хлора, я только замечу, что *Кнопу* не удалось еще достигнуть вполне нормального разрастания гречихи в растворе солей без хлора; выращенные растения принесли лишь весьма небольшое количество плодов. *Браш* и *Рабе*[46] указывают на возможность нормального произрастания шотландской гречихи в водном растворе солей без хлора; ввиду, однако, того, что они вели культуры в смеси солей в профильтрованной дождевой воде, нельзя вполне доверять их результатам; в вопросе, требующем крайней тщательности в постановке опытов и безупречной чистоты препаратов, подобные приемы, как замена дистиллированной воды дождевой, не могут быть терпимы.

[42] *Leydheker*. Land. Vers. 8; 177 (1866).

[43] *Beyer*. Land. Vers. 11, 262 (1869).

[44] *Farsky*. Biederm. Centralbl. 1879; 669. (Just. Jahresb. 1879, 265).

[45] *Knop. u. Dworzak*. Berichte üb. d. Verhandl. d. Kgl. Sächs. Ges. d. Wissenschaft. z. Leipzig, 1876. (Just. Jahresb. 1876, 887).

[46] *Brash u. Rabe*. Land. Wochenbl. f. Schleswig-Holstein Jahrg. 1875; 560. (Just. Jahresb. 1876; 889).

Более специальные указания на роль каждой из составных частей пищи, принимаемой корнями, крайне скудны. Сюда принадлежат интересные исследования *Ноббе* [47] над действием различных солей калия на произрастание гречихи. Наиболее благоприятное действие оказал хлористый калий; менее пригодными *Ноббе* нашел фосфорнокислый калий (KH_2PO_4), сернокислый и азотнокислый. Каждое из этих соединений содействовало образованию большого количества крахмала в листьях, но при употреблении последних трех солей, в особенности же фосфорно- и сернокислого калия, обнаруживались в гречихе вскоре признаки болезненного состояния. Стебель переставал удлиняться, и как бы взамен его роста растение образовывало множество побегов и делалось кустистым; листья оставались до конца переполненными крахмалом и закручивались. Ничего подобного не обнаруживали они в присутствии хлористого калия, когда развитие растения шло нормальным порядком. *Ноббе* объясняет эти аномалии неспособностью гречихи в отсутствие хлористого калия перемещать крахмал из мест образования в места потребления. По пригодности для развития гречихи *Ноббе* располагает соли калия в следующем порядке: KCl, KNO_3, KH_2PO_4 и K_2SO_4. В смеси с хлористым калием получался в то же время наибольший прирост органического вещества.

Благоприятнее остальных соединений калия действует, по мнению *Ноббе*, хлористый калий и на развитие ржи; он не производит, правда, как видно из прилагаемой таблички, столь сильного прироста органического вещества, но взамен этого получаются растения с нормальным отношением веса семян к соломине; подобно тому как у ржи, выросшей на удобренной почве, вес семян относится к весу соломины как 1:2. В остальных растворах образовалось сравнительно гораздо меньше семян, в особенности же в смеси солей с сернокислым калием, где семена составляли только $^1/_{20}$ часть веса сухого вещества растения. Замечательно, что в этой смеси (см. табличку) получился наибольший привес органического вещества, которое почти целиком пошло на образование стебля и листьев ржи:

В растворе солей с KCl рожь превосходила вес высушенного при 100° С семени в	218 раз
В растворе солей с KNO_3 рожь превосходила вес высушенного при 100° С семени в	240 раз
В растворе солей с K_2SO_4 рожь превосходила вес высушенного при 100° С семени в	263 раза
В растворе солей с KH_2PO_4 рожь превосходила вес высушенного при 100° С семени в	227 раз

Посредством сходных опытов с солями кальция, магния и железа нашли наиболее пригодными для водной культуры: азотнокислый кальций, сернокислый магний и фосфорнокислое железо.

Соответствующие исследования были произведены над соединениями азота и привели к заключению, что азотнокислые соли представляют

[47] *Nobbe J., Schröder u. Erdmann.* Land. Vers. 13; 321 (1871).

наилучший источник азота для хлорофиллоносных растений. Кроме того, старались определить, насколько возможна культура растения в растворе солей при замене азотной кислоты другими соединениями азота: аммиаком и различными органическими азотистыми телами, например мочевиной, мочевой кислотой, гиппуровой кислотой, глюкоколем и другими. Опыты водной культуры пока только подтвердили, что азот легче всего усваивается в виде азотнокислых солей калия и кальция, но не дали еще определенного вывода касательно замены азотной кислоты другим соединением азота. При замене азотнокислой соли нашатырем получилось в опытах *Штомана*[48], *Раутенберга* и *Кюна*[49] весьма слабое развитие маиса; при этом раствор, окружавший корень, приобретал со временем кислую реакцию; по мнению *Кюна* и *Раутенберга*, кислая реакция обусловливалась появлением в жидкости хлористоводородной кислоты, образовавшейся из нашатыря, по мере поглощения аммиака растением. Столь же малопригодной для водной культуры овса оказалась, по опытам *Бейера*[50], углекислая соль аммиака. Овес развивался в смеси солей с углекислым аммиаком долгое время весьма медленно; только в последнем периоде культуры он, по-видимому, ожил и начал быстро расти; разрастание это, однако, не может быть приписано углекислому аммиаку, так как исследование жидкости обнаружило присутствие азотной кислоты, образовавшейся из аммиака углеаммиачной соли. *Бейеру* удалось найти азотную кислоту в самом овсе; кислая реакция жидкости от появления азотной кислоты обнаружилась и в другом опыте, при употреблении двууглекислого аммиака. Замечательно, что образование азотной кислоты в растворе солей с углеаммиачными соединениями проявилось и в открытых сосудах, в которых не было растений; окисление аммиака в азотную кислоту совершалось, следовательно, без участия выращиваемого растения. Подтверждением вышеприведенного результата послужила культура овса в подобной же смеси солей с той только разницей, что жидкость по возможности часто заменялась свежей; этим способом устранялось накопление в растворе азотной кислоты; выращиваемые растения — овес и горох — развились при этом очень мало и не обнаружили вовсе привеса органического вещества. Совершенно такой же результат получили *Бирнер* и *Луканус*[51] при водной культуре овса в растворе, где азотнокислая соль была заменена солями аммиака — серпокислой и фосфорнокислой. Более благоприятный исход имели культуры маиса *Кюна* и *Хампе* в растворе солей, в котором вместо азотнокислой соли находился фосфорнокислый аммиак. Выращенный *Кюном*[52] маис заключал сухого вещества в 6—7 раз больше семени. Еще большей прибыли в весе маиса достигнул *Хампе*[53]; выросшее растение весило

---

[48] *Stohmann.* Land. Vers. 6, 347 (1864).
[49] *Rautenberg u. Kühn.* Land. Vers. 6; 355 (1864). (Journ. f. Landw. 12 Jahrg 1864; H. 1; 107).
[50] *Beyer.* Land. Vers. 11; 267 (1869).
[51] *Birner u. Lucanus.* Land. Vers. 8; 148 (1866).
[52] *Kühn.* Land. Vers. 9; 167 (1867).
[53] *Hampe.* Land. Vers. 9; 157 (1867).

18,178 г после высушивания при 100° С и принесло 30 совершенно зрелых и тяжелых семян. *Хампе* тоже нашел постепенное усиление кислой реакции жидкости, окружавшей корни, но ни азотной, ни азотистой кислоты ему не удавалось в ней находить. Необходимо, однако, заметить, что корни растения постоянно загнивали и растение поддерживалось живым только тем, что тщательно срезывались загнившие корни. *Хампе* принимает на основании этих опытов доказанным непосредственное питание маиса аммиаком. Водные культуры маиса в смеси солей с фосфорнокислым и углекислым аммиаком, произведенные *Вагнером* [54], вполне подтвердили результат *Хампе*. Ввиду, однако, противоречивых показаний *Бирнера* и *Лукануса* для окончательного разрешения этого вопроса требуются новые тщательные расследования.

Опыты замены азотнокислых солей органическими соединениями в пище, принимаемой корнями растений, тоже не дали, по моему мнению, еще определенного результата. Из всех работ [55], имевших целью выяснить, насколько возможна замена азотной кислоты в пище растений органическими азотистыми соединениями, наиболее доказательными считают расследования *Хампе* [56]. Выращивая маис в растворе солей с мочевиной в отсутствие азотнокислой соли, он получил весьма значительный прирост органического вещества; растения имели от 120 до 130 см высоты; некоторые принесли до 73 совершенно зрелых и нормально развитых семян. Кроме того, *Хампе* удалось несомненным образом доказать присутствие мочевины во всех органах выращенных растений, за исключением семян. Ввиду этих фактов даже *Кноп* [57], считавший азотную кислоту за единственный пригодный источник азота, признал возможность непосредственного питания растений сложными азотистыми органическими соединениями. Следующие соображения заставляют, однако, относиться скептически к заключениям *Хампе*. Он сам указывает, что раствор, окружавший корни, переходил в гниение, что гниение распространялось и на корни; последние приходилось многократно отрезать, чтобы сохранить растение живым. В жидкости *Хампе* находил между продуктами распадения мочевины аммиак. Если принять во внимание, что последний при некоторых условиях легко переводится в азотную кислоту, то нельзя отрицать возможности разрастания маиса в опытах *Хампе* на счет новообразованной азотной кислоты раствора. Хотя *Хампе* утверждает, что ему ни разу не удавалось открыть в жидкости следов азотной или азотистой кислот, но эти показания более чем сомнительны ввиду диаметрально противоположных данных *Бейера* [58], который, выращивая овес в смеси солей с мочевиной, находил небольшие количества азотной кислоты не только в жидкости, окружавшей корни,

---

[54] *Wagner*. Land. Vers. 11; 287 (1869).

[55] *Ville*. C. R. 43; 612 (1856). *Cameron*. Chem. news. 2; 145. (Jahrb. d. Agric. Chem. 1861). *Hampe*. Land. Vers. 8; 225 (1866) 9; 49 (1867) 10; 175 (1868). *Jonson*. Land. Vers. 8; 235 (1866). *Beyer*. Land. Vers. 11; 270 (1869). *Wagner*. Land. Vers. 11; 287 (1869).

[56] *Hampe*. Land. Vers. 9; 63 (1867).

[57] *Knop*. Land. Vers. 7; 464 (1865).

[58] *Beyer*. L. c., p. 272.

но и в растении. При этом раствор солей содержал постоянно много аммиака. Присутствие аммиака и азотной кислоты, хотя и в ничтожном количестве, уже дает повод предполагать, что в жидкости происходило превращение аммиака в азотную кислоту и что более значительного накопления азотной кислоты не замечалось только потому, что растение всасывало ее по мере образования. Количество азотной кислоты, открытой *Бейером* в жидкости, окружавшей корни, могло служить лишь выражением избытка кислоты новообразованной сравнительно с кислотой, потребленной растением. Столь же мало доказательно, по моему мнению, нахождение мочевины в самом маисе; для поддержания растения живым *Хампе* многократно отрезывал загнившие корни и этим самым открывал новые пути для проникания жидкости в растение помимо здоровых корней. Вследствие этого мочевине была предоставлена возможность проникать в растение через перерезанные сосуды даже в том случае, если здоровые корни оказались бы совершенно неспособными всасывать водный раствор мочевины. Мне кажется поэтому, что ни значительный привес органического вещества растений, выращенных *Хампе*, ни нахождение мочевины в их тканях не доказывают еще возможности замены мочевиной азотнокислых солей.

Приведенные возражения вполне применяются ко всем остальным опытам над питанием хлорофиллоносных растений азотистыми органическими соединениями, например мочевой кислотой, гиппуровой кислотой, глицином [1*], креатином, глюкоколем [1*]; быстрое разложение этих соединений на более простые продукты, между которыми постоянно встречается аммиак, лишает возможности заключать о пригодности их для питания растений даже в том случае, если выращиваемое растение обнаружило бы роскошное развитие и принесло зрелые семена.

При посредстве водной культуры старались разрешить еще следующие два вопроса: 1) отыскать минимум каждой из составных частей пищи, необходимый для успешного произрастания выращиваемого растения, и 2) определить влияние на развитие растения содержания каждой из составных частей смеси: показать, в каком отношении возрастает прирост сухого вещества растения с увеличением содержания в смеси солей одной из составных частей; при каком содержании последней получится наибольший прирост и наилучшее разрастание растения и при какой концентрации, наконец, избранная для опытов составная часть пищи начинает проявлять вредное влияние на растение.

По отношению к первому вопросу одиннадцатилетние опыты показали *Вольфу* [59], что для образования 100 частей сухого вещества овса требуются следующие минимальные количества минеральных соединений: P_2O_5=0,35%; K_2O=0,50; CaO=0,16; MgO=0,10; SO_3=0,10%; чистой золы=1,21%; азота=0,7%.

Сухое вещество овса средних размеров содержало несколько большее количество минеральных частей; в 100 частях сухого вещества *Вольф*

[59] *Wolff.* Land. Vers. 20; 397 (1877).

находил: P_2O_5=0,50%; K_2O=0,8%; CaO=0,25%; MgO=0,20%; SO_3==0,20%; чистой золы 1,95% и азота 1,0%.

Последние цифры приблизительно соответствуют составу золы овса средней величины, снятого с поля. В связи с рассматриваемым вопросом представляется весьма интересным указание *Вольфа* на возможность устранить поглощение излишка вышеприведенных составных частей пищи прибавлением к раствору какого-нибудь постороннего тела, почти индифферентного для растения, например кремнезема. Овес, выращенный в смеси солей с кремнекислотой, заключал от 4 до 5% золы, содержавшей до 31% кремнезема. Сходный результат получился при культуре овса в смеси солей с избытком азотнокальциевой соли или даже гипса; выросший овес содержал золу с 38% извести.

Вольфом[60] были также произведены опыты с целью выяснить влияние различного содержания фосфорной кислоты на развитие овса. Овес выращивался в смеси неорганических солей в $^1/_{4000}$ концентрации в стеклянных сосудах, содержавших 1600 см^3 жидкости. Растворы разнились между собой только содержанием фосфорной кислоты. В каждом сосуде находилось по шести семян.

Результаты опытов ясно выражены в нижеследующей табличке.

Номер опыта	Содержание P_2O_5 в растворе, мг	Вес сухого вещества в растениях, г	Содержание P_2O_5 в сухом веществе, %	Вес сухого вещества, г		Отношение веса семян к соломе	Содержание P_2O_5, % чистой золы		
				В зернах	В соломе		В семенах и соломе	В соломе	В зернах
1	230,4	20,712	1,11	5,817	11,054	1 : 1,90	23,6	18,9	43,8
2	155,4	18,646	0,83	3,361	10,931	1 : 3,25	16,7	11,8	40,6
3	97,9	18,303	0,53	2,711	11,052	1 : 4,07	12,3	7,9	39,3
4	49,4	15,559	0,33	2,474	10,234	1 : 4,14	9,5	4,4	37,7
5	33,0	11,470	0,28	1,766	7,258	1 : 4,11	—	—	—
6	24,8	8,944	0,27	1,771	5,224	1 : 2,95	7,4	4,7	39,4
7	14,8	5,465	0,27	1,043	3,014	1 : 2,90	—	—	—
8	0	2,048	?	0,341	1,059	1 : 3,20	—	—	—

Из чисел этой таблички весьма наглядным образом выясняется влияние содержания фосфорной кислоты на развитие овса: в первых четырех опытах увеличение содержания фосфорной кислоты осталось без влияния на развитие соломы, между тем как вес семян возрастал по мере увеличения количества фосфорной кислоты в растворе. При содержании фосфорной кислоты, меньшем 49,4 мг, овес не достигал полного развития.

Особенного внимания заслуживает одинаковое содержание фосфорной кислоты в чистой золе семян; оно составляло во всех опытах средним числом 40,2% золы и весьма близко подходило к содержанию (41,3%)

[60] *Wolff*. Tageblatt d. 46 Vers. deutsch. Naturf. in Wiesbaden. 1873; 116. (Just Jahresb 1873; 346).

фосфорной кислоты в золе семян овса, выросшего на поле. Напротив того, в золе соломы овса количество фосфорной кислоты при незначительном содержании ее в растворе уменьшалось до 4,4%, т. е. почти вдвое против нормального (9,1%).

Подобное исследование с целью определения минимального количества фосфорной кислоты для наибольшего развития овса произвел *Петерсен*[61]. Овес выращивался в 11 сосудах с раствором минеральных солей, различавшихся между собой только по содержанию фосфорной кислоты; в одном из сосудов фосфорной кислоты вовсе не было. Искомое количество ее оказалось равным 0,071 г для одного растения; средним числом каждое растение принесло 197 семян и 10,497 г сухого вещества. Прибавление большого количества фосфорной кислоты оказалось без влияния на увеличение прироста; уменьшение же ее отражалось на развитии овса. При полном отсутствии фосфорной кислоты выросший овес весил только 0,33 г, т. е. содержал сухого вещества только в 10 раз больше семени.

Вольфом[62] было выяснено также влияние различного содержания азотнокислых солей в растворе на произрастание овса. Раствор солей в $^1/_{3000}$ концентрации содержал минеральные соединения в пропорции, соответствующей составу золы (без кремнезема) овса на поле. Азотнокислые соли заменялись в различной степени хлористыми и сернокислыми солями. Результаты сравнительных опытов выражены *Вольфом* в прилагаемой табличке.

	В 1-м опыте, г	Во 2-м опыте, г	В 3-м опыте, г	В 4-м опыте, г	В 5-м опыте, г	В 6-м опыте, г
В 1600 см³ раствора содержание азота равнялось	0,000	0,052	0,104	0,156	0,208	0,260
Получено в каждом сосуде:						
зерен	1,190	3,275	4,400	5,500	5,254	6,451
соломы и мякины	1,381	4,157	6,817	8,964	11,203	11,309
корней	0,790	1,882	2,771	2,986	3,250	3,430
вес растения в сосуде	3,361	9,314	13,988	17,432	19,777	21,190

NB. Непонятным остается значительный вес сухого вещества (в опыте первом) при полном отсутствии азота. Нигде не сказано, по одному или по нескольку растений выращивалось в каждом сосуде.

Из этой таблички видно, что: 1) вес сухого вещества растения возрастал по мере увеличения содержания азота в растворе солей; 2) наибольший прирост органического вещества обнаружился в соломе, между тем как вес зерен в последних трех опытах получился почти одинаковый.

В заключение статьи о выращивании растений в искусственной почве считаю необходимым указать еще на одно обстоятельство, которое может

[61] *Petersen.* Frühlings Landwirtsch. Zeit. 1876; 336. (Just Jahresb. 1876; 888).
[62] *Wolff.* Land. Vers. 20; 395 (1877).

значительно влиять на результат культуры и привести даже к ошибочным выводам, если на него не обратить должного внимания. Обстоятельство это заключается в развитии в питающей жидкости простейших микроскопических организмов из водорослей и грибов. Размножаясь в водном растворе, они мешают разрастанию выращиваемого растения не только тем, что потребляют часть предназначенной для него пищи, но и вызывают нередко в жидкости изменения, делающие ее в некоторых случаях совершенно непригодной для питания выращиваемого растения; грибы причиняют, кроме того, гниение корней. Появление зеленых водорослей, замеченное *Кнопом* уже при первых водных культурах, оказалось легко устранимым вследствие того, что водоросли развиваются только на свету; поэтому стоит только окружить сосуд с жидкостью непрозрачным футляром, чтобы вполне задержать развитие водорослей. Гораздо труднее предохранить раствор от грибов, особенно если в состав искусственной смеси входят органические соединения. Кроме последних, поверхностные, отмирающие ткани самих корней в старых частях представляют превосходную почву для произрастания грибов. Грибы (плесни, бродильные грибки, бактерии) нередко затягивают сплошным толстым слоем всю поверхность питающей жидкости.

Влияние их на ход питания культивируемого растения может сказаться весьма различным образом. В виде примера я укажу на некоторые изменения в растворе солей, причиняемые, по всему вероятию, простейшими организмами. Особенно значительные ошибки они в состоянии причинить, если при определении количеств принятых растением соединений руководствоваться исключительно анализом жидкости, в которой находились корни. Прием этот, вполне пригодный, когда в искусственной почве находятся только корни выращиваемого растения, делается неточным в присутствии посторонних простейших организмов. Весьма любопытный пример подобного разложения представляют азотнокислые соли; таковы, например, указания *Ноббе* и *Зигерта*[63] касательно убыли азота при культуре в 3%-ном растворе солей, ячменя и гречихи; раствор заключал 1,888 г азотной кислоты. По окончании культуры в жидкости в обоих случаях не оказалось и следа азотной кислоты, между тем как в выращенном овсе найдено было лишь количество азота, соответствующее 0,958 г азотной кислоты.

	Азотной кислоты, г
Раствор заключал в себе	1,888
В ячмене выращенном было найдено лишь количество азота, соответствующее	0,958
В гречихе	0,555
В жидкости, окружавшей корни, азотной кислоты не оказалось вовсе.	

Следовательно, при культуре ячменя бесследно исчезло: 1,888–0,958= =0,930

При культуре гречихи бесследно исчезло: 1,888–0,555=1,333

[63] *Nobbe u. Siegert.* Land. Vers. 6; 41 (1864).

Подобное же исчезновение азота заметили при водной культуре овса *Луканус* и *Бирнер*[64]. На каждый литр жидкости приходилось в их опытах по одному растению.

В 1%-м растворе убыло на литр жидкости 72,8 мг азота; найдено в овсе всего 45,4 мг азота.

В 3%-м растворе убыло на литр жидкости 136,3 мг азота; найдено в овсе всего 69,4 мг азота.

В 5%-м растворе убыло на литр жидкости 212,3 мг азота; найдено в овсе всего 67,8 мг азота.

Приведенные здесь значительные потери азота, оставленные пока без объяснения, по всему вероятию, окажутся следствием разложения азотной кислоты простейшими организмами; это предположение тем более заслуживает внимания, что уже имеются указания на выделение газообразного азота при разложении простейшими организмами азотистых субстратов. Ничего подобного в деятельности корней неизвестно.

Ввиду этих фактов остается нерешенным, насколько другие изменения жидкости, окружающей корни, вызываются корнями и насколько они обусловливаются простейшими организмами, как-то: а) появление щелочной жидкости, наблюдаемой *Кнопом,* и кислой, обнаружившейся в культурах *Бейера*; б) превращение азотнокислых солей кальция и магния в углекислые; в) исчезание азотнокалиевой соли и замена ее сернокалиевой (*Кноп*); г) образование азотной кислоты и аммиака из мочевины (*Бейер*); д) разложение органических соединений и другие изменения в питающей жидкости.

Поэтому только при полном устранении простейших организмов возможно получить вышеуказанным способом выводы совершенно безупречные; результаты культуры растений в искусственной почве будут, следовательно, тем ценнее, чем чище ведена культура.

Участие листьев в принятии сырой пищи

Достаточно обратить внимание на состав среды, окружающей листья, чтобы, не прибегая к опытным расследованиям, утвердительно сказать, что участие листьев в принятии сырой пищи должно резко отличаться от роли корней. Известно, что корни находятся в теснейшем соприкосновении с твердыми частичками почвы и почвенными растворами; при посредстве корней вводятся в растения в виде водных растворов необходимые минеральные составные части почвы. Листья, напротив того, являются постоянно окруженными газообразной атмосферой и только во время дождя или росы подвергаются смачиванию водой. В большей части случаев (см. главу IV), однако, дождевая вода не проникает внутрь листа, так как капли скатываются с листовой поверхности, оставляя ее совершенно сухой.

---

[64] *Lucanus u. Birner.* Land. Vers. 8; 151 (1866).

Главное внимание было поэтому обращено на обмен газообразных тел между листьями и атмосферой. Предстояло выяснить, насколько воспринимается листьями в виде сырой пищи каждая из составных частей амосферы: кислород, азот и постоянно встречаемые в воздухе вода и углекислота, азотная кислота и аммиак.

Сообразуя изложение с имеющимися налицо данными, я прежде всего остановлюсь на поглощении листьями углекислоты, опишу расследования, выясняющие отношения кислорода и азота к питанию листьями, и, наконец, перейду к опытам над усвоением листьями соединений азота; опыты над всасыванием и выделением воды воздушными частями растений будут изложены в главе IV.

Усвоение листьями углекислоты

При посредстве культуры растений в искусственной почве выяснилось, что растения, по крайней мере подвергнутые опытам, могут развиваться нормально и достигать даже большего веса и размеров, чем экземпляры, произрастающие в плодородной почве, если погрузить их корнями в раствор из пяти солей, заключающий следующие элементы: кислород, водород, азот, серу, фосфор, хлор (?), калий, кальций, магний и железо. Просматривая перечисленные элементы, нельзя не заметить, что между ними нет одного из важнейших для растений, именно углерода. Между тем выращенные в растворе солей растения по составу ничем не отличаются от выросших в нормальных условиях растений и, подобно последним, почти наполовину построены из углерода. Культура в искусственной почве уже несомненно указала, что углерод вводится в растение не через корни; заключение это находится в полном согласии с результатом исследований над участием листьев в питании растений. Мы увидим, что листья непосредственно поглощают углекислоту из атмосферы и что весь углерод, находимый в растениях, усваивается растениями через листья.

По новейшим определениям, содержание углекислоты в воздухе принимается равным $^3/_{10000}$ по объему. С первого взгляда может показаться странным, что при столь незначительном содержании углекислота атмосферы доставляет весь углерод, необходимый растениям; между тем имеющиеся налицо факты не допускают сомнения в данном случае и несомненно свидетельствуют, что вся углекислота, разлагаемая листьями, заимствуется ими непосредственно из атмосферы. Поглощая из атмосферы углекислоту, листья в то же время выделяют кислород в объеме, приблизительно равном объему исчезнувшей углекислоты. Этот обмен газов между листьями (и другими зелеными частями растений) и атмосферой был открыт еще в конце прошедшего столетия, следовательно, гораздо раньше культуры растений в искусственной почве; последняя доставила только косвенное подтверждение усвоения растениями углерода при посредстве листьев.

История разработки этого вопроса представляет большой научный интерес. Первые точные указания были сделаны *Пристлеем*; изучая из-

менения, вызываемые в атмосфере животными и растениями, он нашел, что заключенное в замкнутом пространстве животное изменяет состав воздуха, делая его непригодным ни для дыхания, ни для горения. Совершенно иное влияние на состав воздуха обнаружили в целом ряде опытов растения; они не только не портили его, но даже исправляли воздух, испорченный дыханием животных; после пребывания в нем растений воздух вновь оказывался пригодным для дыхания и горения, иногда даже в большей степени, чем атмосферный воздух; в атмосфере, измененной растениями, животные оставались иногда живыми в 5—8 раз более продолжительное время, чем в соответствующем объеме обыкновенного воздуха. В других опытах при условиях, по-видимому, совершенно одинаковых, растения производили изменения в воздухе диаметрально противоположные и, подобно животным, делали его непригодным для дыхания и горения. Несмотря на все старания, *Пристлею* не удалось разгадать причины полученных противоречивых результатов; твердо убежденный, однако, что в некоторых случаях растения обогащали окружающую атмосферу кислородом, *Пристлей* считал все опыты, в которых растения портили воздух, неудавшимися и произведенными при условиях, неблагоприятных для жизни растений.

Истинную причину разногласия в опытах *Пристлея* выяснил *Ингенхуз* [65]; подтвердив результаты Пристлея, он в то же время показал, что выделение кислорода растениями происходит только при следующих условиях опыта: 1) если для опыта взяты зеленые части растений и 2) подвергнуты во время опыта действию солнечного света. Напротив того, части растений незеленые, а также и зеленые в отсутствие света обнаруживали постоянно в опытах *Ингенхуза* обмен газов диаметрально противоположный: они поглощали кислород и выделяли углекислоту, т. е. изменяли воздух, подобно животным.

Значительный шаг в разъяснении обмена газов между зелеными частями растений и атмосферой сделал *Сенебье* [66]; он первый точными опытами доказал связь между выделением кислорода листьями и поглощением углекислоты из окружающей среды и обстоятельнее предшественников определил условия выделения кислорода растениями. Кроме листьев и света, он признал еще одно условие за необходимое: присутствие углекислоты в окружающей среде [67].

Влияние среды на выделение кислорода листьями наблюдал уже *Ингенхуз*: исследуя выделение кислорода листьями, погруженными в колодезную воду, он нашел, что количество кислорода получалось различное, смотря потому, была ли взята для опыта свежая колодезная вода или же простоявшая в открытом сосуде несколько часов; в первом случае

[65] *Ingenhousz*. Versuche mit Pflanzen 1780; оригинальное сочинение вышло в 1779 г.; его же: Ueber Ernährung d. Pflanzen u. Fruchtbarkeit d. Bodens. 1798. Перевод с английского сочинения, вышедшего в 1796 г.

[66] *Senebier*. Mém. physico-chimiques s. l'influence d. la lumière solaire pour modifier l. êtres d. trois regnes d. l. nature et surtout ceux du regne végétal. Geneve, 1782.

[67] Его же: Rech. s. l'influence de la lumière solaire pour metamorphoser l'air fixe en air pour, par la végétation. 1783. Experiences s. l'action de la lumière solaire s. l. végétation 1788. Physiologie végétale. 1800.

выделялось значительно более кислорода. При употреблении кипяченой воды кислорода не выделялось вовсе; наибольшие количества его получались при погружении листьев в воду, взятую из колодца, закрываемого крышкой. *Ингенхуз* не был, однако, в состоянии объяснить этих фактов; они стали понятны только после того, как *Сенебье* показал, что выделение кислорода обусловливается поглощением углекислоты и может проявляться только в том случае, когда в окружающей среде находится углекислота.

К концу прошедшего и началу нынешнего столетия относятся исследования *Соссюра*[68] над обменом газов между растениями и атмосферой; они представляют особенный интерес по строгости приемов и плодотворным результатам. *Соссюр* расследовал преимущественно количественную сторону этого процесса; он: 1) определил объемы обмениваемых газов и нашел их равными; 2) обнаружил, что при этом обмене растение увеличивается в весе и 3) доказал зависимость разложения углекислоты листьями от содержания ее в окружающей атмосфере; при этом он нашел, что смесь из 11 частей воздуха и 1 части углекислоты наиболее пригодна для разложения углекислоты.

Из последующих работ над обменом газов между зелеными частями растений и атмосферой в присутствии света первенствующее значение имеют исследования *Бусенго*. На основании их в настоящее время должно признать несомненно доказанным, что этот процесс состоит исключительно в поглощении углекислоты и выделении кислорода и что ни одна из остальных составных частей атмосферы не принимает в нем непосредственного участия. Дальше будет упомянуто о том, что *Соссюр* и некоторые другие исследователи утверждали, что вместе с кислородом выделяется растением, иногда в весьма значительном количестве, и азот. *Бусенго* (см. ниже) весьма основательно опровергнул эти показания.

Бóльшую часть опытов *Бусенго* произвел над отрезанными листьями в приборе крайне простого устройства. Срезанный лист помещается в эвдиометрическую трубку и придерживается на известной высоте; перед погружением в ртуть вводят в трубку конец каучуковой трубки, соединенной с каучуковым шаром. Шар несколько сжимают рукой и опускают трубку нижним концом в ртуть. Разжав несколько шар, высасывают из трубки желаемое количество воздуха, которое замещается ртутью; высасывание воздуха тогда останавливают и удаляют из трубки каучук с шаром. Измерив объем газа с листом, впускают из газометра требуемое количество углекислоты и вновь определяют объем газов, заключенных в эвдиометре над ртутью. Аппарат выставляют на свет на несколько часов и затем вновь определяют состав смеси газов в эвдиометрической трубке. Для определения углекислоты вводят в трубку едкое кали (в виде шарика на платиновой проволоке или в виде раствора); оставшаяся неразложенной углекислота поглощается едким кали; по мере уменьшения объема газа ртуть в трубке повышается. Измеряют объем газа; разница в объеме до и после введения едкого кали указывает на

[68] *Saussure*. Recherches chim. s. l. végétation (1804).

количество неразложенной углекислоты; по вычете его из объема углекислоты, введенной перед началом опыта, получается количество углекислоты исчезнувшей, т. е. разложенной листом. Содержание кислорода определяют после поглощения углекислоты едким кали посредством пирогалловокислого кали; для этого, не разнимая прибора, вводят несколько раствора пирогалловой кислоты. Образовавшееся пирогалловокислое кали быстро поглощает кислород смеси; по уменьшению объема заключают о содержании в трубке кислорода.

Совершенно подобный прибор предложен был для этой же цели *Тимирязевым* [69] (рис. 63).

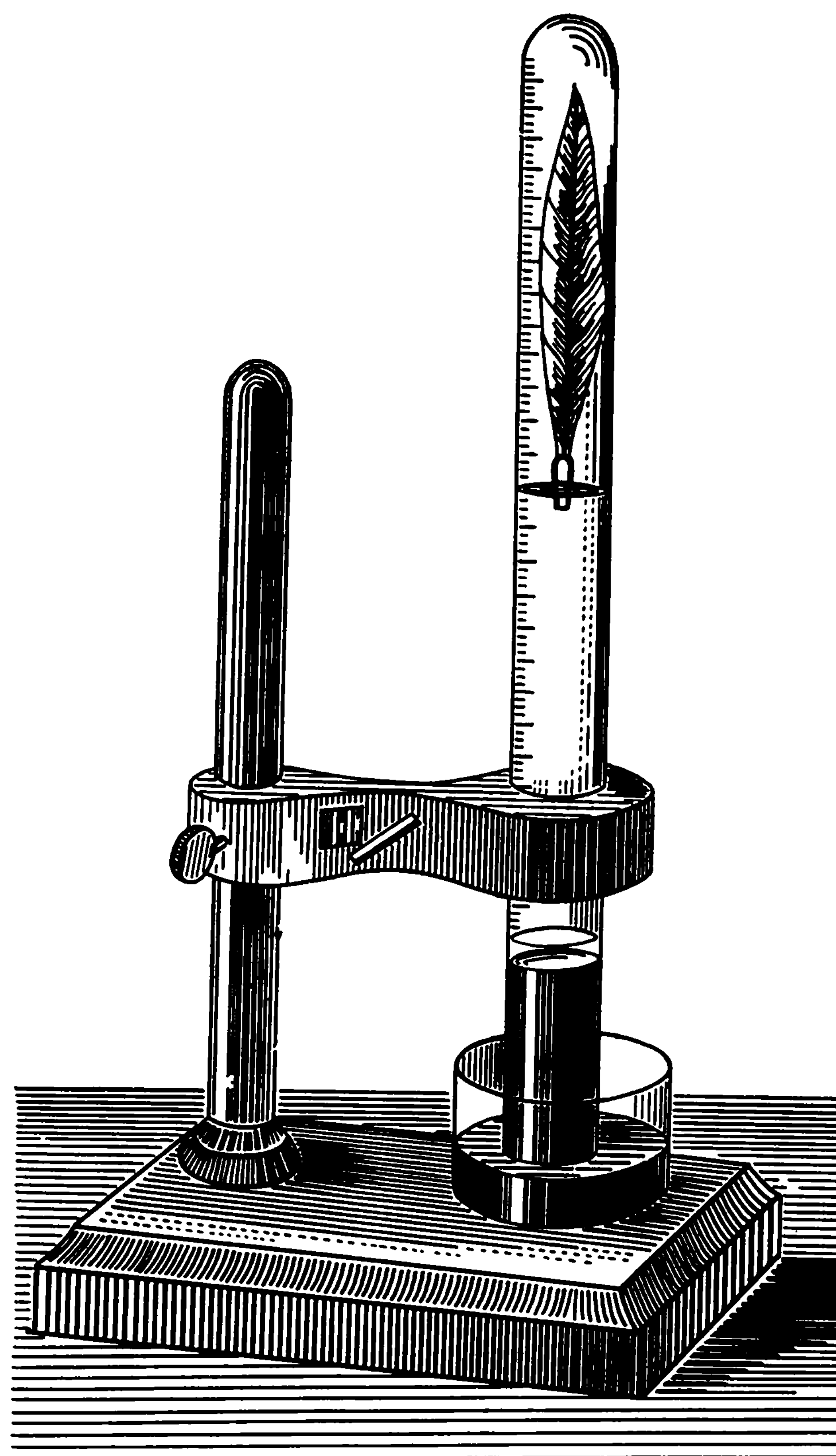


Рис. 63. Прибор Тимирязева для исследования разложения углекислоты растениями на свету

На описании необходимых поправок при отсчитывании объема газов на температуру и давление я не останавливаюсь, так как предполагаю их известными читателю и ограничусь только указанием на сочинение *Бунзена* «Gasometrische Methoden», где они изложены чрезвычайно обстоятельно. Значительное упрощение по отношению к измерению объема газов введено *Дойэром* [70]; при посредстве его прибора не надо прибегать к вышеупомянутым поправкам.

Производство опытов с вышеописанным прибором удается весьма легко. Для устранения вредного влияния паров ртути достаточно ввести в прибор несколько воды, чтобы покрыть ею поверхность ртути, или же, следуя совету *Бусенго,* посыпать внутренние стенки трубки серным цветом. *Бусенго* [71] убедился, кроме того, целым рядом предварительных опытов, что срезанные листья сохраняют вполне в продолжение нескольких суток способность разлагать углекислоту, если только их держать погруженными срезанным концом в воду. Так, например, свежесрезанный лист Nerium Oleander разлагал в час 0,049—0,069 см^3 углекислоты на каждый

[69] *Тимирязев.* Труды Первого съезда русских естествоиспытателей в С.-Петербурге. 1968. Ботаника, с . 77.

[70] *Doyere.* Ann. d. Chim. Phys. S. 3, t. 28, 5 (1850).

[71] *Boussingault.* Agron., Physiol., t. 4, 303 (1868).

квадратный сантиметр поверхности; листья, отделенные от растения за сутки до начала опыта, разлагали 0,045—0,065 $см^3$ углекислоты; лист, срезанный за трое суток, разлагал 0,045 $см^3$ и, наконец, один из листьев, отделенных от растения за 12 дней, разложил в час 0,07 $см^3$ углекислоты каждым квадратным сантиметром поверхности.

Убедившись в пригодности этого приема для изучения разложения углекислоты листьями в присутствии света, *Бусенго* исследовал с помощью вышеописанного прибора следующие интересные вопросы.

1. Отношение объема поглощенной углекислоты и выделенного кислорода. Подвергая отрезанные листья в определенной смеси углекислоты и воздуха действию света, он нашел в 13 опытах из 41 объемы углекислоты и кислорода приблизительно равными; в 15 опытах объем кислорода превышал объем углекислоты, а в остальных 13 получился небольшой избыток поглощенной углекислоты над выделенным кислородом. Разница между объемами их всегда была незначительна и ни в одном опыте не превышала 5%; в большей же части случаев была гораздо меньше. В согласии с этим результатом суммы как углекислоты, так и кислорода во всех 41 опыте оказались приблизительно равными: на 1339,38 $см^3$ разложенной углекислоты получилось 1322,61 $см^3$ выделенного кислорода, т. е. разница, равная приблизительно 16 $см^3$. На основании этих данных *Бусенго* принимает, что в присутствии света листья обмениваются с атмосферой равными объемами углекислоты и кислорода.

2. Влияние парциального давления углекислоты на разложение ее листьями. Уже *Соссюр* показал, что в чистой углекислоте растения отмирают и что избыток ее в атмосфере, окружающей листья, задерживает ее разложение. *Бусенго* не только подтвердил показания *Соссюра* относительно более успешного разложения углекислоты в смеси с атмосферным воздухом, но в то же время выяснил, что разложение углекислоты в последнем случае обусловливается не присутствием кислорода, а парциальным давлением углекислоты. Различие в быстроте разложения чистой углекислоты и смеси с воздухом чрезвычайно наглядно выступает в прилагаемой ниже табличке, заимствованной у *Бусенго*[72] (см. с. 271).

Несмотря на полученное, хотя и слабое разложение углекислоты листьями, *Бусенго*, согласно с *Соссюром*, принимает, что чистая углекислота под обыкновенным атмосферным давлением не разлагается листьями. Не согласные с этим положением результаты опытов он объясняет следующим образом: при введении в углекислоту листа нельзя избежать примеси посторонних газов, частью заключенных в межклетных пространствах тканей листа, частью растворенных в соке его клеток. Молекулы углекислоты, вошедшие первыми в лист, образуют смесь с газами листа и частью разлагаются; выделенное количество кислорода делает эту смесь более пригодной для разложения и обусловливает новое разложение углекислоты, которое по мере прибыли кислорода постепенно ускоряется. Наблюдения над ходом разложения углекислоты находят-

[72] *Boussingault.* Agronomie. chim. agric. Physiol. 4; 286 (1868).

Название растений	Время опыта	Объем исчезнувшей углекислоты, $см^3$	Объем образованного кислорода, $см^3$	Число часов опыта	Поверхность листа, $см^2$	Объем углекислоты, разложенной 1 $дм^2$ листа в час, $см^3$	Объем атмосферы, $см^3$	Состав атмосферы, $см^3$
Prunus Laurocerasus	1864 г. июля 11	5,2	5,9	4,0	134	0,8	83,1	Углекислота
То же	» 12	23,2	22,9	4,0	124	4,7	87,5	26,1 CO_2 + 61,4 воздуха
Nerium Oleander	» 14	4,0	4,5	4,0	90	1,0	86,1	Углекислота
То же	» 14	19,6	19,9	4,0	90	5,5	86,5	31,85 CO_2 + 54,65 воздуха
»	» 22	19,6	20,3	4,0	100	4,9	87,1	29,4 CO_2 + 57,7 воздуха
Pinus Pinsapo	» 18	13,0	13,0	7,0	204	0,9	58,8	Углекислота
То же	» 18	18,1	17,6	7,0	204	1,3	77,9	33,5 CO_2 + 44,4 воздуха
Prunus Laurocerasus	августа 17	11,3	10,9	10,0	72	1,5	86,7	Углекислота
То же	» 17	11,8	11,9	1,15	72	13,1	78,0	29,8 CO_2 + 48,3 воздуха
»	» 17	11,2	11,6	1,15	72	12,8	82,5	27,3 CO_2 + 55,2 воздуха
»	» 17	29,0	29,5	10,0	72	4,0	78,9	32,3 CO_2 + 46,6 воздуха
Quercus	сентября 3	4,9	4,0	4,0	224	0,5	87,0	Углекислота
»	» 3	25,0	24,7	4,0	224	2,8	86,0	37,7 CO_2 + 48,3 воздуха
Ilex	июля 25	5,1	4,9	5,3	52	1,8	86,2	31,8 CO_2 + 54,4 воздуха
Viscum album	августа 1	9,9	9,9	5,0	100	2,0	85,4	35,0 CO_2 + 50,4 воздуха
Prunus Laurocerasus	1865 г. мая 22	18,3	18,2	4,0	102	4,5	79,9	30,0 CO_2 + 49,9 воздуха
То же	июня 8	12,8	12,8	4,0	82	4,0	79,3	31,5 CO_2 + 47,8 воздуха
»	» 23	28,3	–	7,0	104	3,9	76,0	28,3 CO_2 + 37,7 воздуха
Nerium Oleander	июля 25	39,0	–	7,0	102	5,4	83,7	39,0 CO_2 + 44,7 воздуха
То же	августа 7	15,5	–	4,0	57	6,8	92,4	28,9 CO_2 + 63,5 воздуха

ся в полном согласии с этим объяснением. При погружении листа в чистую углекислоту в первые часы опыта *Бусенго* замечал лишь весьма слабое разложение; позже, когда к атмосфере, окружающей лист, прибавилось достаточное количество кислорода, разложение углекислоты достигало значительной быстроты и могло быть даже доведено до конца.

Благоприятное действие примеси воздуха к углекислоте *Соссюр* приписывал непосредственному действию кислорода на растение. *Бусенго*, напротив того, старался показать, что воздух играет роль второстепенную и служит только средством для разрежения CO_2.

Чтобы выяснить окончательно этот вопрос, *Бусенго* исследовал разложение углекислоты листьями в смеси ее с безразличными по отношению к растениям газами — азотом, водородом и болотным газом. Согласно предположению *Бусенго* относительно влияния парциального давления углекислоты на ее разложение, следовало ожидать, что в смесях углекислоты с вышеназванными индифферентными газами разложение ее проявится с такой же быстротой, как и в смеси с воздухом, если только процентное содержание углекислоты в смесях будет равное. Произведенные в этом направлении опыты дали ожидаемый результат [73] (см. табл.).

Результат этот подтвердился также, как видно из таблички, разложением чистой углекислоты листом Nerium Oleander под уменьшенным давлением. *Бусенго* наблюдал, что разложение чистой,

Название растений	Время опыта	Объем исчезнувшей углекислоты, см³	Объем образовавшегося кислорода, см³	Число часов опыта	Поверхность листа, см²	Объем углекислоты, разложенной квадр. дециметром листа в час, см³	Объем атмосферы, см³	Состав атмосферы, см³
Prunus Laurocerasus	1864 г. августа 17	25,5	25,5	6	66	6,4	73,1	$26,6\ CO_2 + 0,0\ O_2 + 46,5\ N$
То же	» 17	25,9	26,3	6	66	6,5	87,1	$27,9\ CO_2 + 0,0\ O_2 + 59,2\ H$
»	октября 16	27,4	27,7	7	70	5,6	84,8	$29,3\ CO_2 + 0,0\ O_2 + 55,5\ H$
»	1865 г. мая 16	19,8	19,9	—	86	4,6	83,4	$22,3\ CO_2$ + 61,1 болотного газа
Nerium Oleander	1864 г. августа 22		1	30 мин	Маленький лист	—	—	Углекислота под давлением 0,17 М

[73] *Boussingault.* L. c., p. 298.

разреженной углекислоты при одинаковом парциальном давлении идет столь же быстро, как и в соответствующей смеси углекислоты с воздухом или индифферентными газами.

В близком соотношении с исследованием влияния парциального давления углекислоты на ее разложение находится вопрос об определении смеси, наиболее пригодной для этого процесса.

Непосредственно решением этого вопроса *Бусенго* не занимался, но из приведенных выше опытов его видно, что при содержании углекислоты до 50% происходило значительное разложение, и он находил наиболее выгодным употреблять смеси, в которых содержание углекислоты заключалось между 29 и 50%.

С другой стороны, *Бусенго* доказал, что разложение углекислоты растением происходит также при весьма незначительном ее содержании и что она усваивается растениями из воздуха, несмотря на то что количество ее обыкновенно не превышает $^{3}/_{10000}$ по объему. Чтобы сделать очевидным разложение углекислоты в этом случае, необходимо было прибегнуть к большому объему воздуха. *Бусенго*[74] ввел в стеклянный шар ветвь виноградной лозы, оставленной в соединении с растением. Ветвь была пропущена в шар через отверстие, плотно закрытое пробкой; шар с ветвью и атмосферным воздухом был выставлен на солнце. Кроме отверстия, через которое пропущена была ветка, в шаре были еще два отверстия для пропускания через прибор во все время опыта тока воздуха. Струя воздуха производилась посредством аспиратора; на пути из шара к аспиратору воздух проходил через кали-аппарат, в котором задерживалась углекислота, не разложенная ветвью; привес кали-аппарата в конце опыта указывал на количество неразложенной углекислоты. Объем пропущенного через шар с ветвью воздуха определялся количеством вытекшей из аспиратора во время опыта воды. Зная содержание углекислоты в воздухе и количество неразложенной углекислоты, задержанной кали-аппаратом, *Бусенго* мог определить, сколько углекислоты разложено было листьями. При перечислении веса углекислоты на объем оказалось, что воздух, содержавший, по определению *Бусенго*, предварительно $^{4}/_{10000}$ углекислоты, при выходе из шара заключал всего только от $^{2}/_{10000}$ до $^{1}/_{10000}$ углекислоты.

Опыты *Бусенго* показывают, следовательно, что разложение углекислоты листьями происходит при весьма различном содержании ее в пределах, варьирующих от $^{3}/_{100}$ до 50% и более.

Пфеффер[75] получил одинаковое разложение углекислоты листьями Prunus Laurocerasus в смесях атмосферного воздуха с 8,74 и с 39,26% углекислоты; подобный результат дали три листа этого же растения, помещенные в смеси атмосферного воздуха с содержанием 10,18, 18,72 и 38,31% углекислоты.

Между тем, согласно показанию *Соссюра* и произведенной в последнее время работе *Годлевского*, признают примесь углекислоты выше 12%

---

[74] *Boussingault.* Economie rurale, t. 1, 61 (1851).
[75] *Pfeffer.* Arbeit. d. botan. Institute z. Würzburg. B. 1; 39 (1871).

если не вредной, то по крайней мере не ускоряющей разложение углекислоты.

Соссюр[76] заключил о степени пригодности смеси воздуха с углекислотой для развития растений по различию веса выращенных растений, *Годлевский* непосредственно определял количества углекислоты, разлагаемые листьями в различных смесях углекислоты и воздуха.

При более близком рассмотрении опытов как *Соссюра*, так и *Годлевского* оказывается, что они не разрешают еще с достаточной точностью вопроса о составе смеси воздуха с углекислотой, наиболее пригодной для разложения последней листьями на свету. Опыты *Соссюра* представляют три весьма существенных недостатка: 1) выращиваемые растения получали в продолжение опыта только углекислоту и воду; остальных же необходимых составных частей пищи были лишены; 2) аппараты *Соссюра*, замкнутые водой (в некоторых случаях поверх воды слоем масла), не устраняли диффузии между заключенной в них смесью газов и окружающей атмосферой; 3) прирост в весе определился взвешиванием не высушенных, а свежих растений.

Опыты эти были произведены над горохом, выращенным из семян в воде; для опытов служили экземпляры, достигшие 1 дм длины. В каждом приемнике находилось по три растения, погруженных корнями в небольшой сосуд с водой. Сосуд с растениями помещался в плоской чашке под стеклянным колпаком, опущенным над чашкой. Приемник наполнялся смесью воздуха и углекислоты определенного состава; газы, введенные под колпак, уединялись от окружающей атмосферы слоем воды, налитой в чашку. Смесь газов приемника занимала 990 см^3; объем всех трех растений равнялся $^1/_{400}$ этого пространства. Первоначальный состав смеси в каждом из восьми приемников, оставляемых на солнце, был различный: в одном находился атмосферный воздух, в шести — смеси воздуха с различными количествами углекислоты, равными по объему $^1/_{12}$, $^1/_8$, $^1/_4$, $^1/_2$, $^2/_3$, $^3/_4$ всей смеси, наконец, последний приемник был наполнен чистой углекислотой. Ежедневно растения, заключенные в приемниках, выставлялись на солнце часов на пять или на шесть. Опыт продолжался десять дней. По прошествии этого времени *Соссюр* определял степень разрастания растений взвешиванием. Несмотря на то что взвешивались не высушенные, а свежие растения, привес получился весьма незначительный: в атмосферном воздухе каждое растение увеличилось в весе на 8 гран; по мнению *Соссюра*, эта прибыль в весе была вызвана принятой растением водой. В чистой углекислоте, а равно и в смесях, где она занимала $^3/_4$ и $^2/_3$ объема смеси, растеньица быстро завядали; в смеси воздуха с 50% углекислоты горохи росли первые семь дней, затем остановились в развитии. В приемнике с 25% углекислоты они остались свежими, но привес каждого растеньица не превосходил 5 гран; в смеси с 12,5% углекислоты прибыль в весе свежего растения равнялась 7 гранам, наконец, в смеси с 8% углекислоты получился привес, равный 11 гранам (583 мг). Сле-

[76] *Saussure*. Rech. chim. s. l. végétation. 1804, p. 20.

довательно, во всех почти смесях воздуха с углекислотой растения, по всему вероятию, вовсе не увеличили веса твердого вещества, так как прибыль в весе получилась меньшая, чем в чистом атмосферном воздухе. В последней же смеси (с 8% углекислоты) обнаружился привес несколько больший, чем в чистом воздухе, но и этот привес не указывает еще на прибыль органического вещества, так как взвешивалось не высушенное, а свежее растение. Слабое разрастание гороха в опытах *Соссюра* обусловливалось, по всему вероятию, главным образом недостатком пищи, так как растениям доставлялись во время опыта только вода и углекислота.

Статья *Годлевского* [77] испещрена цифрами; на одних цифрах, по-видимому, построены его выводы; тем не менее при обстоятельном их изучении обнаруживается разногласие между числовыми данными опытов и выводами автора.

Годлевский исследовал три растения: Glyceria spectabilis, Typha latifolia и Nerium Oleander; для первого растения он указывает максимум разложения углекислоты при содержании ее, равном 8—10%; для Typha — в пределах 5—7%; для Nerium — при содержании несколько еще меньшем.

Между тем графы таблиц, где указаны процентное содержание и соответствующее разложение углекислоты, перечисленное на час времени и на квадратный дециметр листовой поверхности, не подтверждают выведенных автором заключений. Например, относительно Glyceria spectabilis оказывается, что из 15 табличек почти все говорят против выводов *Годлевского*. В 3-й табличке значится, что количества углекислоты, разложенные соответствующими (нижними) частями двух листьев, получились разные, несмотря на одинаковое содержание углекислоты, равное 10,7%; один из листьев разложил 9,84 $см^3$, другой — 11,89 $см^3$ углекислоты.

В 4-й табличке при содержаниях углекислоты в 15 и 6,1%, неодинаково отстоящих от предположенного *Годлевским* оптимума, получилось разложение углекислоты верхними отрезками листьев, почти одинаковое и равное 10,39 и 9,42 $см^3$.

В 5-й табличке получился тот же результат: оба соответствующих отрезка разложили около 8 $см^3$ углекислоты, несмотря на то что один лист находился в атмосфере с примесью 14,5%, а другой — с примесью 6,8% углекислоты.

В табличке 6-й получился дважды тот же результат.

Из таблички 10-й видно, что срединные части 4 листьев, помещенные в смесь атмосферного воздуха с 13,1; 11,6 и 8,1% углекислоты, разложили почти равные количества этого газа; между тем как, по *Годлевскому*, в атмосфере с 8% углекислоты должно было бы получиться наиболее энергичное ее разложение.

В табличке 12-й в трубках с 17 и 26% углекислоты оказались разложенными одинаковые ее количества (около 12 $см^3$).

[77] *Godlewski.* Arbeiten d. botan. Institute z. Würzburg. 1, 343 (1873).

В табличке 14-й в смеси с 7% углекислоты, близкой к оптимуму, получилось разложение ее (равное 4,5 см³), гораздо меньшее, чем при 12,6; 24,5 и 3,6%. В приборе с 24,5% оказались разложенными 9,91 см³ углекислоты; в трубке с 12,6% углекислоты разложено 15,4 см³; в смеси воздуха с 3,6% углекислоты было разложено 5,96 см³ этого газа.

В табличке 15-й в смесях с 7 и 13,9% углекислоты разложение получилось одинаковое (4,29 и 4,73 см³).

Подобное же несоответствие цифр с результатами находится и в опытах, относящихся до Typha latifolia, которые, по указанию *Годлевского*, дали наиболее удовлетворительные результаты. Так, например, в табличке 17-й не обнаружилось ни малейшей разницы в разложении углекислоты кусками листьев; в смесях воздуха с 15,5; 7,7 и 6,7% углекислоты листья Typha разложили приблизительно равные количества этого газа. В табличке 20-й разложение углекислоты при 3,6% было успешнее, чем при 6,3%, хотя последнее число совпадает с указанным *Годлевским* оптимумом. В этой же табличке при незначительной разнице в содержании углекислоты — от 2,6 до 3,6% — получилось разложение различное: в первом случае квадратным дециметром листа было разложено в час 21,30 см³, во втором — 13,71 см³ углекислоты. В опытах с листом Nerium Oleander замечается то же самое: в табличке 31-й при содержании углекислоты в 33 и в 2,6% количества разложенной углекислоты получились почти равные. То же обнаружилось и в табличке 32-й: разложенные количества углекислоты оказались равными при содержании углекислоты в 34,6 и 12,6%. Кроме того, в смеси с 18,6% углекислоты произошло разложение более сильное, чем при 12%, несмотря на то что последняя цифра ближе подходит к оптимуму *Годлевского*.

Этих примеров, полагаю, достаточно, чтобы убедить читателя в шаткости выводов *Годлевского* и в необходимости произвести в этом направлении новые исследования.

3. **Связь разложения углекислоты с освещением листа.** *Бусенго* удалось с чрезвычайной точностью доказать, что разложение углекислоты листьями обнаруживается в момент непосредственного освещения листа солнцем и прекращается мгновенно по перенесении в темноту.

В трубку со смесью азота или водорода с углекислотой, замкнутую ртутью, вводился лист и рядом с ним палочка фосфора. Малейшая примесь кислорода в приборе сказывалась в темноте свечением фосфора, а на свету — образованием белых паров фосфорной кислоты. Прибор с листом оставался в темноте, пока фосфор не переставал светиться, т. е. до исчезания кислорода в трубке. Затем *Бусенго* переносил прибор на свет; тотчас же появлялись в трубке белые пары, указывавшие на выделение листьями кислорода. При перенесении аппарата из света в темноту свечение фосфора вовсе не обнаруживалось, что ясно свидетельствовало о моментальном прекращении в отсутствие света выделения листьями кислорода. Опасаясь, что свечение фосфора могло остаться незамеченным вследствие незначительной напряженности сравнитель-

но с дневным светом, *Бусенго* производил эти опыты вдвоем. Помощник его, предназначенный для наблюдения над свечением фосфора, оставался во все время опыта в темноте, чтобы приспособить глаза к восприятию самых слабых световых впечатлений, но и при этой предосторожности не удалось подметить и следа свечения фосфора по перенесении аппарата в темноту.

4. **Определение предельного количества углекислоты, разлагаемой срезанным листом.** *Бусенго* нашел, что срезанный лист в состоянии разложить только определенное, предельное количество углекислоты; разложив его, он не поглощает больше углекислоты из окружающей атмосферы. Оказалось, например, что лист Nerium Oleander, представлявший поверхность, равную 73,5 см^3 и выставленный в смеси 58,5 см^3 воздуха и 33,9 см^3 углекислоты на солнце, с 7 ч 30 мин утра до 5 ч вечера разложил углекислоту сполна. На следующий день в смеси воздуха и углекислоты почти одинакового состава (из 53,8 см^3 воздуха и 36,5 см^3 углекислоты) тем же листом было разложено всего 15 см^3 углекислоты, несмотря на то что он оставался на солнце с 8 ч утра до 5 ч вечера. Все количество разложенной углекислоты, равное 48,6 см^3, *Бусенго*[78] принимает за предельное. В нижеследующей табличке сведены результаты всех его опытов, относящихся до листьев Nerium Oleander.

Номер опыта	Предельные количества углекислоты, см^3	Поверхность листовой пластины, см^2
1	48,9	73,5
2	34,8	78
3	36,8	85,5
4	49,0	92
5	66,7	88
6	27,3	46,4
	263,2	463,4

Из таблички видно, что 463,4 см^3 поверхности разложено было 263,2 см^3 углекислоты, так что среднее предельное количество ее равнялось 0,568 см^3 на 1 см^2 поверхности листа. Сравнивая числа предельного количества углекислоты в каждом отдельном опыте, нельзя не заметить между ними большой разницы. Несомненно, что разница эта обусловливается отчасти индивидуальностью листьев, но, по всему вероятию, несогласие цифр, полученных *Бусенго*, было вызвано еще другой причиной. Ниже будет показано, что у большей части растений, в том числе и у Nerium Oleander, разложение углекислоты сопровождается отложением крахмала в ткани листа. Чем значительнее его накопление, тем меньше будет лист в состоянии разложить углекислоты, так как тем скорее он окажется переполненным крахмалом. Поэтому для точного определения предельного количества разлагаемой оторванным листом углекислоты необходимо было бы брать для опыта листья,

[78] *Boussingault.* L. c., p. 909.

совершенно лишенные крахмала. Подобные листья легко получать, оставив растение в продолжение нескольких суток в темноте. По прошествии более или менее продолжительного времени весь запас крахмала из листьев исчезает, так что вырезанные из листа пластинки нигде не обнаруживают синей окраски от йода (см. ниже).

Недосмотр этот, отзывающийся всего более при определении предельного количества углекислоты, разлагаемого единицей поверхности листа, желательно бы было видеть устраненным и при многих других расследованиях над разложением углекислоты растением.

5. **Разложение углекислоты верхней и нижней поверхностью листа.** Различие в строении и цвете верхней и нижней поверхностей листьев подало *Бусенго* мысль исследовать, не относятся ли они различно к разложению углекислоты. До появления работы *Бусенго* имелось только одно указание подобного рода и притом относительно подводных листьев. *Клоез* и *Грациоле*[79], наблюдая разложение углекислоты листьями Potamogeton perfoliatum в воде, содержавшей в растворе углекислый кальций, заметили, что верхняя (морфологическая) поверхность листьев покрывалась белой корой этой соли, между тем как нижняя сторона оставалась совершенно чистой. Это различие обнаруживалось во всех листьях независимо от случайного положения листовой пластинки относительно горизонта; объясняя себе осаждение углекислой извести на поверхности листа разложением углекислоты в прикасающемся к листу слое воды, *Клоез* и *Грациоле* заключили, что поглощение углекислоты производится верхней поверхностью этих листьев.

Бусенго[80] исследовал листья сухопутных растений; он устранял одну из поверхностей листа от обмена газов с атмосферой, замазывая ее салом или заклеивая бумагой.

Он выбирал два листа, по возможности одинаковые; у одного заклеивал верхнюю, у другого нижнюю поверхность, помещал их в смеси воздуха и углекислоты одинакового состава и определял количества углекислоты, разложенной каждой из поверхностей листа. Он исследовал также разложение углекислоты, производимое парой листьев, склеенных между собой различным образом: одна пара была склеена верхними сторонами, другая — нижними, в третьей верхняя поверхность одного из листьев была склеена с нижней поверхностью другого; эта пара, следовательно, соответствовала приблизительно одному свободному листу. Сообразно с наблюдаемым разнообразием строения листьев у разных растений, большим или меньшим сходством или различием верхней и нижней поверхностей листа, получались разные результаты, смотря по исследуемому растению. У одних оказалось большое различие в количестве углекислоты, разложенной верхней и нижней сторонами листьев, у других почти никакой разницы не обнаружилось. К последним относятся бóльшая часть тонких листьев, например листья каштана. Примером растений, которые обнаружили наибольшее различие поверхно-

[79] *Glöez et Gratiolet.* Ann. Chim. Phys. 32; 65 (1851).
[80] *Boussingault.* L. c., p. 359.

стей листа по отношению к разложению углекислоты, могут служить Populus alba и Nerium Oleander. Из трех пар листьев Populus alba:

пара со склеенными нижними поверхностями разложила	12 см³ углекислоты
пара со склеенными верхними поверхностями разложила	2 » »
пара, имевшая по одной свободной верхней и нижней поверхности разложила	6,5 » »

Для сравнения во всех трех случаях разложенных объемов углекислоты необходимо разделить первые два числа на два, так как они представляют двойную — верхнюю и нижнюю — поверхность листа; третья же пара соответствует одному листу. Разделив первые два числа пополам и сложив их, получим число семь, весьма близкое к объему углекислоты ($6^1/_2$), разложенной листом, у которого обе поверхности оставались свободными. Верхняя поверхность листа Populus alba оказалась, следовательно, разлагающей углекислоту в 6 раз быстрее нижней.

Этим заканчивается длинный ряд вопросов, поставленных *Бусенго* и разрешенных, за немногими исключениями, с надлежащей определенностью.

Зависимость разложения углекислоты от напряженности света мало еще изучена. Специально с этой целью произведены были работы только *Волковым*[81], *Пряничниковым* и мною[82]. *Волков* пришел к заключению, что по крайней мере в известных исследованных им пределах напряженности света разложение углекислоты возрастает пропорционально последней. Опыты его, однако, не могут считаться удовлетворительными, во-первых, потому что *Волков* ограничился исследованием влияния света сравнительно слабого; кроме того, употребленный им способ определения разложения углекислоты (через отсчитывание выделенных растением пузырьков газа) не принадлежит к точным. Описывая опыты *Волкова* в своем учебнике, *Сакс*[83] прибавляет: «Тем не менее весьма вероятно, что существует определенная степень напряженности света, вызывающая наибольшее выделение кислорода, за пределами которой свет задерживает это отправление или вредит растению. Достигает ли солнечный свет на земной поверхности этого оптимума или даже превышает его — остается пока неразрешенным».

Первые опытные указания на существование для разложения углекислоты оптимума напряженности света находятся в труде *Пряничникова*, о котором мною было заявлено на съезде русских естествоиспытателей в Варшаве. В этой неизданной в свет работе талантливый, теперь уже покойный, ботаник нашел, что лист, затененный писчей бумагой, разлагал не многим менее углекислоты, чем лист, непосредственно освещенный солнцем. В его манускрипте приведены пять опытов над разло-

---

[81] *Wolkoff.* Pringsh. Jahrb. 5, 1.
[82] *Famintzin.* Mel. biol. de l'Acad. d. St. Peters. 10, 401 (1880).
[83] *Sachs.* Lehrb. d. Botanik, p. 712 (1874).

жением углекислоты отрезками листьев Typha latifolia, в 50 см^2 каждый. Опыты производились одновременно над двумя отрезками, по возможности одинаковыми; отрезки были заключены в эвдиометры (*А* и *Б*), содержавшие одинаковую смесь воздуха и углекислоты; из них эвдиометр *Б* был окружен листом писчей бумаги. Оба прибора были выставлены на яркий солнечный свет. По окончании опыта в них были найдены следующие количества разложенной углекислоты (в см^3):

	Опыты				
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й
Эвдиометр *А*, непосредственно освещенный солнцем	11,04	11,15	11,34	10,25	12,53
Эвдиометр *Б*, затененный бумагой	9,99	8,41	9,09	9,03	12,94

Особенно незначительной оказалась разница в трех последних опытах; в опыте пятом даже получилось несколько большее разложение в затененном эвдиометре. Резюмируя все остальные свои опыты, в которые вследствие слишком сильного ослабления света разложение углекислоты возрастало соответственно напряженности света, *Пряничников* прибавляет: «Хотя я и не могу утверждать, что существует оптимум напряженности света для разложения углекислоты, тем не менее мне кажется, что имеется определенная степень напряженности света, за которой свет не вызывает более усиленного разложения углекислоты».

В подтверждение существования оптимума напряженности света для некоторых по крайней мере растений я могу привести следующие два полученных мною результата. Мне удалось, во-первых, показать, что разложение углекислоты листом, затененным посредством листа папиросной бумаги, получается равное, иногда даже более энергичное, чем при непосредственном освещении листа солнцем, и, во-вторых, вызвать значительное разложение углекислоты в искусственном свете газовой лампы в 500 свечей, т. е. с помощью источника света весьма слабого сравнительно со светом солнечным.

Опыты с солнечным светом частью производились в смеси воздуха и углекислоты, частью в воде, в которой была растворена углекислота.

Для опытов в смеси воздуха и углекислоты служили отрезки листьев Chamaedorea elatior в 19—25 см^2; я помещал их в трубки, разделенные на кубические сантиметры, в смесь газов, составленную приблизительно из 30 см^3 воздуха и 5 см^3 углекислоты. Для каждого опыта я выбирал отрезки листьев по возможности одинаковые; один из них непосредственно освещался солнцем, остальные были затенены одним, двумя или четырьмя слоями папиросной бумаги. В прилагаемой ниже таблице [84] сведены полученные результаты.

---

[84] *Famintzin*. L. c., p. 406.

Chamaedorea elatior

Месяц и число	Число часов, ч, мин	Поверхность листа, см²	Напряженность света	Объем смеси газов, см³	Объем введенной углекислоты, см³	Объем разложенной углекислоты см³	Примечания
Май 19	6 —	19	На солнце	29,2	5,4	4,2	Небо безоблачное
			За 1 листом папиросной бумаги	29,5	4,6	4,9	
20	2 45	23,5	На солнце	28,9	4,1	3,7	
			За 1 листом папиросной бумаги	29,7	4,5	3,9	
21	2 20	22,0	На солнце	28,2	4,8	4,0	
			За 2 листами папиросной бумаги	28,4	4,4	4,0	
22	1 —	25	На солнце	30,0	4,6	2,0	
			За 2 листами папиросной бумаги	29,9	5,1	2,1	
22	1 10	25	На солнце	28,8	5,4	3,0	
			За 4 листами папиросной бумаги	30,0	5,0	2,4	
24	1 —	19³/₄	На солнце	29,4	5,1	2,5	Небо покрыто белыми тучами, особенно под конец опыта; затем пошел проливной дождь
			За 1 листом папиросной бумаги	29,8	4,8	2,0	
			За 2 листами папиросной бумаги	30,4	4,2	1,7	
			За 4 листами папиросной бумаги	29,8	5,0	0,8	
30	1 —	21,5	На солнце	29,2	5,2	2,0	
			За 2 листами папиросной бумаги	29,8	5,0	1,8	
			За 4 листами папиросной бумаги	29,8	5,5	1,4	
30	1 20	?	На солнце	29,8	5,0	2,4	Небо безоблачное
		?	За 1 листом папиросной бумаги	29,4	5,4	2,8	
		?	За 2 листами папиросной бумаги	29,6	5,4	2,2	
Июнь 2	1 —	20	На солнце	29,0	6,2	1,4	
			За 1 листом папиросной бумаги	28,6	4,8	1,4	

Подходящие указания находятся у *Бусенго*[85]. «Я ставил часто,— пишет *Бусенго*,— аппараты с листьями при безоблачном небе на северной стороне большого здания и находил, что в них разлагалось приблизительно столько же углекислоты, как листьями, непосредственно освещенными солнцем».

Кроме того, данные, сведенные *Бусенго* на с. 397 четвертого тома вышеназванного сочинения, доказывают это наглядным образом. Из них

[85] *Boussingault.* Agron. Physiol. etc. T. 5, 5 (1874).

заимствованы здесь в виде примера только цифры, относящиеся до олеандра.

Разлагалось в час 1 см² поверхности листа:

на солнце	0,062 см³ углекислоты	в тени	0,055 см³ углекислоты
в тени	0,025 » »	на солнце	0,055 » »
на солнце	0,056 » »	на солнце	0,057 » »
в тени	0,051 » »	в тени	0,046 » »

В шести опытах из восьми получились цифры приблизительно равные. Опыт 2-й произведен в пасмурный день.

Различие между некоторыми цифрами таблички, а также и неполное совпадение чисел, полученных относительно других растений (Prunus Laurocerasus, Aesculus Hippocastanum, Rubus Idaeus, Populus alba, Prunus Persica, Zea Mays), легко объясняются тем, что сравниваемые опыты, предпринятые *Бусенго* с совершенно иной целью, произведены были в различное время над листьями не вполне сходными и при различной степени затенения.

Сходный результат дали мне определения углекислоты, разложенной отрезками листьев Bambusa arundinacea, Elodea canadensis и Chamaedorea graminifolia в воде, подкисленной углекислотой. Полученные относительно Bambusa arundinacea числовые данные собраны в нижеследующей таблице.

Bambusa arundinacea

Месяц и число	Число часов опыта	Поверхность листьев, см²	Напряженность света	Объем введенной углекислоты	Объем выделенного кислорода, см³
Мая **16**	5 1/2	9,5	На солнце За 1 листом папиросной бумаги	5 см³ воды, насыщенной углекислотой, были смешаны с 17–20 см³ невской воды	0,9 1,7
» 18	?	10	На солнце	»	0,7
	?	10	За 1 листом папиросной бумаги	»	1,2
	?	10	На солнце	»	0,9
	?	10	За 1 листом папиросной бумаги	»	1,3
Июня 2	2	17 3/4	На солнце	6 см³ воды, насыщенной углекислотой, смешанной с 34–35 см³ невской воды	1,5
	2	17 3/4	За 1 листом папиросной бумаги		1,5
» 2	2	14,5	На солнце	»	1,3
	2	14,5	За 1 листом папиросной бумаги	»	1,6

Из всех исследованных мной растений только Calamogrostis sp. разлагало меньше углекислоты при затенении листом папиросной бумаги.

Дальнейшим подтверждением существования оптимума напряженности света по отношению к разложению углекислоты листьями послужили мне опыты над разложением углекислоты листьями при свете газовой лампы в 50 свечей. Опыты эти были частью произведены в смеси воздуха и углекислоты, частью в воде, подкисленной углекислотой. Во всех получилось (см. таблицы на с. 417—419 вышеприведенной работы) значительное разложение углекислоты.

Для сравнения с разложением углекислоты на солнечном свете я приведу следующие цифры.

Отрезки листьев Chamaedorea elatior разлагали в продолжение часа каждым квадратным сантиметром поверхности следующие количества углекислоты (в см^3):

При непосредственном освещении солнцем	При освещении газовой лампой
Опыт 1 (19 мая) 0,037	Опыт 1 (5 мая) 0,022
» 2 (20 мая) 0,057	» 2 (8 мая) 0,031
» 3 (21 мая) 0,080	» 3 (13 мая) 0,031
» 4 (22 мая) 0,080	» 4 (19 мая) 0,023
» 5 (22 мая) 0,100	
» 6 (24 мая) 0,125	
» 7 (30 мая) 0,093	
» 8 (2 июня) 0,070	

Полученные объемы кислорода колебались при солнечном освещении между 0,037—0,125 см^3, при газовом — между 0,022—0,031 см^3 [86]. Из сравнения этих цифр видно, что минимальное количество углекислоты, разлагаемой при дневном свете, приблизительно только в 2 раза превышало минимум разложения ее при свете лампы. Максимум выделения кислорода на солнце оказался всего в 4 раза больше максимума его при газовом освещении. В среднем объем выделенного на солнечном свете кислорода (разложенной углекислоты) превзошел всего в 3 раза объем кислорода, разложенного при освещении газовым пламенем в 50 свечей.

Результаты всех опытов моей работы говорят единогласно в пользу существования, по крайней мере для некоторых растений, оптимума напряженности света; свет большей напряженности не только не усиливал, но вызывал в большинстве наблюдаемых случаев меньшее выделение кислорода.

Сделанный мной вывод допускает, однако, возражение, высказанное *Прингсхеймом* [87], смысл которого состоит в том, что из определений

[86] *Famintzin.* L. c., p. 421.

[87] *Pringsheim.* В его Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. 12; 377 (1881).

изменения в составе атмосферы, окружающей лист, можно, строго говоря, заключать только о преобладании во время опыта одного из диаметрально противоположных обменов газов — дыхания или разложения углекислоты. Получаемый избыток кислорода не может служить, по мнению *Прингсхейма*, выражением количества разложенной углекислоты, а указывает только, насколько разложение углекислоты преобладало над дыханием. С этими соображениями *Прингсхейма* нельзя не согласиться, и я имел их в виду, приступая к вышеизложенной работе.

Совершенно подобный взгляд находится в приведенной работе *Прянишникова*, которую я имел под руками. Тем не менее я полагал тогда, как и в настоящее время, что эти соображения не противоречат выведенному мною заключению.

Полученные мною цифры я считаю, основываясь на нижеследующих соображениях, за величины, весьма близкие к количествам разложенной углекислоты; имеющиеся опыты несомненно свидетельствуют, что дыхание зеленых частей растений гораздо слабее разложения углекислоты на ярком солнечном свете; так, например, по опытам *Бусенго*[88] среднее (из 31 опыта) количество углекислоты, разложенное квадратным дециметром листовой поверхности Prunus Laurocerasus и Nerium Oleander в час, равнялось 5,28 см^3, между тем как количество углекислоты, выделенное в час этой поверхностью, составляло всего 0,33—0,34 см^3. По определениям *Шютценбергера*[89], разложение углекислоты Elodea canadensis превосходит при температуре 25° С процесс дыхания приблизительно в 13 раз. По *Крейслеру*[90],

ветвь Philadelphus coronarius, разложившая на свету в продолжение 100 мин	0,3199 г CO_2
выделила в темноте за это время	0,0284 г »
ветвь Prunus Laurocerasus, разложившая на свету в продолжение 100 мин	0,1400 г »
выделила в темноте за это время	0,0117 г »

Я полагаю поэтому, что изменения в напряженности процесса дыхания (вызываемые температурой) влияют лишь в слабой степени на состав смеси газов, разлагаемой листом на свету. К тому же, по согласным указаниям *Лори*[91], *Кагура*[92], *Друде*[93], *Волкова* и *Мейера*[94] и *Шютценбергера*[95], лучи световой части спектра не усиливают заметным образом дыхания растений.

Незначительная разница в температуре листа, непосредственно освещенного солнцем и затененного, не могла влиять на результаты моих

[88] *Boussingault.* Agron., Chim. agric., Physiol. T. 4, p. 328 (1868).
[89] *Schützenberger.* C. R. 77; 273 (1873).
[90] *Kreusler.* Land. Jahrb. 7; 588 (1878).
[91] *Lory.* Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 8; 158 (1847).
[92] *Cahours.* C. R. T. 58; 1207 (1864).
[93] *Drude.* Biologie d. Monotropa. 1873, p. 57.
[94] *Wolkoff u. Meyer.* Land. Jahrbüch. 3, 516 (1874).
[95] *Schützenberger.* L. c., p. 274.

опытов. Прилагаемая табличка, заимствованная из вышеупомянутой статьи *Пряничникова*, наглядно показывает, что в пределах от 9 до 39° С различие в температуре на 10—20° С почти не отражается на изменении состава атмосферы, окружающей листья, непосредственно освещенные солнцем.

Разложение углекислоты листьями Typha latifolia (поверхность листа равнялась 55 см²)

Номер опыта	Месяц и число	Номер аппарата	Состав атмосферы до опыта		Продолжительность опыта, ч, мин	Температура в эвдиометрах, °С	Разложено CO_2, см³	Освещение
			Воздух	CO_2				
1-й	Июль 27	1	60,56	11,02	2 15	29	10,71	Яркий солнечный свет
		2	59,45	10,73		20½	10,66	То же
2-й	» 29	1	62,58	19,72	4 30	39	19,59	»
		2	61,16	20,15		20	19,84	»
3-й	» 30	1	61,47	8,86	2 —	12½	8,36	»
		2	61,47	9,51		23	8,96	Солнце иногда за легкими тучами
4-й	Август 2	1	70,18	10,97	1 20	9½	11,12	Яркий солнечный свет
		2	70,58	10,84		17½	11,38	Солнце иногда за легкими тучами
5-й	» 5	1	68,47	11,89	1 35	13	11,62	Яркий солнечный свет
		2	68,71	11,01		24	10,22	То же
6-й	» 5	1	68,71	11,65	1 35	23½	11,73	»
		2	67,80	11,60		11¾	10,34	»

Листья Typha latifolia были заключены в два эвдиометра, снабженные чувствительными термометрами; каждый эвдиометр был окружен цилиндром, сквозь который пропускался ток воды определенной температуры. Заключенные в эвдиометрах листья были подвергнуты одинаковому освещению солнцем и находились в одинаковой смеси углекислоты и воздуха; оба листа оставались в продолжение всего опыта в совершенно сходных условиях, за исключением температуры; в обоих эвдиометрах оказались разложенными приблизительно равные количества углекислоты.

На основании этих чисел, по мнению *Пряничникова*, нельзя еще, однако, заключать о независимости разложения углекислоты от температуры. «Со времени опытов *Гарро*,— пишет *Пряничников*,— мы знаем, что на свету в растении происходят одновременно два противоположных процесса: разложение углекислоты и ее образование (дыхание), так что, анализируя атмосферу, окружающую растение до и после опыта, мы

узнаем только разницу этих двух процессов, узнаем только изменение атмосферы, произведенное растением; о самих же процессах имеем только приблизительное понятие; знаем только, который из них преобладает. Так как на дыхание растений температура имеет влияние, именно с возвышением температуры усиливается выделение углекислоты (опыты *Волкова, Мейера* и др.), то понятно, что если мы при разных температурах получаем одинаковое исчезание углекислоты из атмосферы, то это значит, что и разложение углекислоты зависит от температуры, и притом кривые, выражающие зависимость этих противоположных процессов от теплоты, имеют одинаковую кривизну, только направленную в разные стороны. Итак, несмотря на приведенные опыты, мы не вправе принимать, что температура не имеет влияния на разложение углекислоты, мы можем только сказать, что не удается обнаружить этого влияния.

Ввиду вышеизложенных фактов я и в настоящее время считаю цифры, полученные мною, за величины, весьма приближенные к количеству разложенной углекислоты, и полагаю более соответствующим действительности приписывать полученное *Пряничниковым* приблизительно одинаковое разложение углекислоты при разных температурах не уравновешиванию разложения углекислоты дыханием, а исключительной зависимости процесса ассимиляции от напряженности световых лучей менее преломляемой половины спектра.

Примечание. К числу подобных работ относится исследование *Крейслера*[96]. *Крейслер* старался рядом последовательных измерений изучить соотношение напряженности дневного света с разложением углекислоты растениями. С этой целью он определял напряженность так называемых химических лучей и световой части спектра, а также и количество разложенной углекислоты.

Действие химических лучей было измеряемо степенью черноты фотографической бумажки при посредстве специально для этой цели сооруженного прибора[97]. Напряженность световой части спектра *Крейслер* определял следующим образом: два вертикально повешенных листа белой бумаги были освещены солнцем; один из них оставался затененным бумагой; другой же, непосредственно освещаемый солнцем, был настолько отклоняем от первоначального положения, пока не представлялся одинаково светлым с затененным листом. Затем *Крейслер* измерял угол падения лучей солнца на освещенный лист и на основании его вычислял, во сколько раз свет был ослаблен, или, другими словами, определял напряженность света, падающего на затененный лист.

Объектами для исследования служили частью водное растение Elodea canadensis, частью ветви различных растений, оставленных на свету в определенной смеси воздуха и углекислоты. Главные и наиболее интересные результаты *Крейслер* основывает на опытах, произведенных над Elodea canadensis. По его мнению, разложение углекислоты возрастает пропорционально субъективному ощущению света приблизительно до достижения светом напряженности, равной $^{1}/_{8}$ дневного света. При большей силе света пропорциональности более не наблюдается и возрастание ассимиляции идет в гораздо меньшей мере вплоть до достижения полной напряженности света[98].

Результаты эти нельзя считать вполне доказанными, так как количество разложенной углекислоты и выделяемого кислорода определялось в опытах с Elodea ca-

---

[96] *Kreusler.* Landwirtsch. Jahrb. 7, 565 (1878).
[97] L. c., p. 582.
[98] L. c., p. 586.

nadensis не газометрическим способом, а через отсчитывание пузырьков газа, выделяемых из надреза Elodea. Ниже (см. главу IV) будет выяснено, почему нельзя безусловно доверять выводам, добытым этим путем.

Непосредственных измерений разложенной углекислоты обыкновенным газометрическим способом *Крейслер* произвел весьма мало; приведенные им числовые данные предназначены, по-видимому, главным образом для доказательства только пригодности прибора, послужившего ему для расследования выделения углекислоты. Из этих опытов последний заслуживает внимания; ветвь Prunus Laurocerasus, затененная 24 листами шелковой бумаги, обнаружила, несмотря на слабое освещение, равное $^1/_{100}$ дневного света, разложение углекислоты; в продолжение 100 мин оказалось разложенным 0,0018 г углекислоты; при этом незначительном освещении предел ассимиляции оказался, следовательно, еще не достигнутым. Если принять во внимание, что исследуемая ветвь выделила в темноте в соответствующий промежуток времени 0,0043 г углекислоты, то процесс ассимиляции представится еще более значительным и равным 0,0061 г. Результат этот находится в полном согласии с вышеописанными опытами над разложением углекислоты слабым источником искусственного света.

Влияние лучей различной преломляемости на разложение углекислоты зелеными частями растений. Гораздо большее число работ было предпринято с целью выяснить влияние лучей различной преломляемости на разложение углекислоты растениями. При разложении солнечного света призмой получается, как известно, радужная цветная полоса, солнечный спектр. Полоса эта составляет лишь срединную часть всего спектра; на обоих концах спектр продолжается еще на значительные расстояния. По одну сторону к красному концу цветной полосы примыкают невидимые темные теплородные лучи, присутствие которых легко доказать посредством чувствительных термических приборов; по другую сторону, за фиолетовыми лучами, невидимая часть спектра состоит из лучей, называемых ультрафиолетовыми, или химическими, лучами (последнее название, как увидим ниже, совершенно неправильно).

В существовании их можно убедиться посредством хлористого серебра, которое от них чернеет, а также при помощи некоторых флуоресцирующих тел, например сернокислого хинина, уранового стекла. Обладая способностью превращать ультрафиолетовые лучи в лучи меньшей преломляемости, последние тела делаются в них светящимися, причем сернокислый хинин принимает голубой, а урановое стекло — желтовато-зеленый цвет.

Для получения точного вывода касательно влияния лучей различной преломляемости на разложение углекислоты зелеными частями растений представляются два пути: 1) исследование разложения ее в элементарных (призматических) лучах света различной преломляемости, но одинаковой напряженности и 2) исследование разложения углекислоты в группах лучей определенной преломляемости, выделенных из белого света, без заметного ослабления напряженности или по крайней мере с уменьшением напряженности в степени, одинаковой для всех лучей цветного света.

К сожалению, работ подобного рода вовсе не имеется и ни одно из сделанных в этом направлении разысканий не удовлетворяет выше-

изложенным условиям. Обстоятельный разбор методов расследования, относящихся до этого вопроса, сделан *Волковым*[99].

Опыты над разложением углекислоты в спектральных цветах представляют один общий недостаток: все они были произведены в спектре призматическом, а не дифракционном.

Между тем известно, что от светорассеяния вещества, из которого сделана призма, употребляемая для опыта, зависит при одинаковом преломляющем угле призмы не только длина спектра, но и относительная ширина его цветных полос; шириной цветной полосы обусловливается степень напряженности ее света: чем шире полоса, тем больше пространство, на которое рассеиваются составляющие ее лучи, тем меньше они представляют напряженности в каждой отдельной точке. Только в одном дифракционном спектре ширина цветных полос, а вместе с тем и напряженность лучей одинаковы на всем протяжении спектра. Незначительные размеры дифракционного спектра составляли, однако, до сих пор непреодолимое препятствие при употреблении его для вышеозначенной цели.

Но не одной этой причиной обусловливается неопределенность результатов, касающихся разложения углекислоты в спектральных лучах различной преломляемости. Бо́льшая часть исследований оказалась даже непригодной для точного определения места наибольшего разложения углекислоты в призматическом спектре вследствие несовершенства устройства опытов именно слишком большой ширины щели, делающей невозможным получение достаточно чистого спектра.

Незначительная напряженность света в спектре при узкой щели (не более 1 мм), необходимой для получения чистого спектра, заставляла большинство исследователей, жертвуя чистотой спектра, прибегать к употреблению щели более широкой, но этим обстоятельством ставилась преграда точному решению имевшегося в виду вопроса.

Поэтому неудивительно, что до сих пор выяснено только, что разложение углекислоты происходит в одной срединной световой части спектра и притом преимущественно, если не исключительно, в менее преломляемой его половине: в лучах красных, оранжевых и желтых.

Уже *Дреперу*[100], которому принадлежат первые опыты над разложением углекислоты растениями в спектре, удалось убедиться, что разложение углекислоты производится совершенно иными лучами, чем разложение хлористого серебра; в ультрафиолетовых лучах, вызывавших быстрое чернение бумажки, смоченной раствором хлористого серебра, вовсе не замечалось разложения углекислоты и наоборот: в самой яркой части спектра, где происходило наиболее сильное разложение углекислоты, смоченная хлористым серебром бумажка оставалась совершенно белой.

---

[99] *Волков.* К вопросу об ассимиляции. Одесса, 1875 (из 17-го тома «Записок» Императ. Новор. университета).

[100] *Draper.* On the forces which produce the organisation of plants. См. его же статьи в Philos. transactions, 1848 u. 1844.

Результат этот, подтвержденный *Саксом*[101] и другими, остается в полной силе и в настоящее время. Но постановка опытов *Дрепера* оказалась недостаточной для большей специализации в спектре места наибольшего разложения углекислоты. Он получил максимум разложения углекислоты в желтых лучах; *Тимирязев*[102], однако, совершенно справедливо считает опыты *Дрепера* недоказательными ввиду нечистоты употребленного им спектра. В самом деле, вместо узкой щели для получения спектра служило круглое отверстие в $^3/_4$ дюйма в диаметре; цветное изображение за призмой, составленное из наложения множества спектров, едва заслуживало названия спектра и в средней части своей должно было быть цвета почти белого.

К сходному с *Дрепером* результату пришел впоследствии *Пфеффер*[103]. Он старался выяснить разложение углекислоты в различных местах солнечного спектра, отсчитывая пузырьки газа, выделенные отрезками водных растений. По отношению к этой работе также нельзя не согласиться с заключением *Тимирязева*; он приводит два весьма существенных возражения: 1) чрезмерную ширину щели, равную в большей части случаев 3, редко 2 мм; 2) непригодность определения количества разложенной углекислоты через отсчитывание пузырьков газа, выделяемых отрезками растений (об этом приеме см. ниже в главе IV). В противоречии с этими показаниями находятся выводы *Тимирязева*, который приписывает красным лучам наиболее сильное действие на разложение растениями углекислоты. Работа *Тимирязева* и труды *Мюллера* будут изложены подробно и разобраны ниже в разделе об источнике, из которого растения заимствуют необходимую для их жизненных отправлений энергию.

Исследования над разложением углекислоты в цветном смешанном свете, получаемом при пропускании белого света через окрашенную среду — стекло или жидкость, не привели к окончательному выводу, несмотря на их значительное число. Из стекол для этой цели употребляются почти исключительно два — синее, окрашенное окисью меди, и красное, окрашенное закисью меди. Первое из них пропускает лучи более преломляемой части спектра, включая часть зеленых лучей; второе — только одни красные лучи. Гораздо разнообразнее выбор между окрашенными жидкостями. Всего чаще прибегают к двум жидкостям: к *синей*, представляющей раствор окиси меди в аммиаке, и *оранжево-желтой*, составленной из раствора двухромовокислого калия. Через синюю жидкость проходят все лучи более преломляемой половины спектра, включая и часть зеленых лучей; через оранжево-желтую — лучи красные, оранжевые, желтые и прилегающие к ним зеленые лучи; таким образом, при посредстве этих двух жидкостей удается разъединить спектр на две почти равные части и исследовать влияние каждой в отдельности. Из остальных окрашенных жидкостей оказались пригодными для этой цели следующие:

---

[101] *Sachs*. Bot. Zeit. 1864, p. 363.
[102] *Тимирязев*. Об усвоении света растениями. 1875. с. 22.
[103] *Pfeffer*. Bot. Zeit. 1872, p. 457.

темно-красная, аммиачный раствор кармина, прозрачная для красных и части оранжевых лучей;

красная анилиновая краска, прозрачная для красных и оранжевых лучей;

зеленая, раствор хлористой меди, пропускающая часть оранжевых, желтые, зеленые и часть синих лучей;

фиолетовая анилиновая краска, пропускающая красные, оранжевые, синие, фиолетовые лучи, задерживая желтые и зеленые;

орселин, растворенный в воде с небольшой примесью аммиака; жидкость эта прозрачна по отношению к красным, оранжевым, зеленым, синим, фиолетовым лучам, т. е. ко всем цветам, за исключением желтого;

хлорофилл (о поглощении им света см. ниже);

раствор йода в спирте, пропускающий только темные теплородные лучи.

Все работы, появившиеся до *Сакса*, лишены значения, так как не заключают вовсе определения характера света, прошедшего через окрашенные среды. В трудах *Сакса*, а равно и во всех позднейших находятся, правда, указания на состав окрашенного света, но также далеко не достаточные; приведен призматический анализ света качественный, а не количественный. Между тем не подлежит сомнению, что свет, прошедший через окрашенную среду, является всегда в большей или меньшей мере ослабленным, и притом неравномерно, по отношению к различным элементарным лучам, которые входят в его состав. Поэтому за окрашенной средой получается свет, отличный от белого не только по отсутствию некоторых составных частей, но и по различной напряженности элементарных лучей.

Весьма обстоятельно изложены соображения, касающиеся исследований с цветным солнечным светом, в статье *Волкова*[104]. «Освобождая путем поглощения из общего состава лучей, находящихся в солнечном свете, те из них, которых действия на ассимиляцию подвергались исследованию, экспериментаторы получили результаты, которые, во всяком случае, отвечали на вопрос, *как действуют солнечные лучи, прошедшие через такие-то и такие окрашенные средины*[2*]. Результаты их могли быть настолько же разнообразны, насколько возможно разнообразие в некоторых физических условиях, употребляемых для опытов средин, каковы, например, их концентрации. Научного интереса в решении вопроса в этом его виде не могло и быть, и оно, конечно, не отвечает на вопрос, к которому стремились все поименованные исследователи, т. е. на вопрос, *как действуют лучи различного преломления собственно солнечного света*. Очевидно, что оба эти вопроса до тех пор ничего не будут иметь между собой общего, покуда экспериментаторы не определят, *в каком отношении изменилось напряжение лучей различной преломляемости после прохождения их сквозь окрашенные средины*, ясней, *в каком отношении состоит напряжение различно окрашенных*

[104] *Волков.* К вопросу об ассимиляции, с. 19 и сл. (1875).

групп лучей позади средин к напряжению тех же групп в чистом воздухе».

«Почти все они (т. е. исследователи) подвергали растворы свои и стекла спектроскопическому исследованию. Поэтому они знали, что за свет они имели. Но знали ли они, сколько они его имели? Положим для примера, что позади желтого раствора (двухромовокислого кали) ассимиляция совершалась в 5 раз сильнее, чем позади синего раствора (сернокислая аммиакальная соль меди). Что можно заключить из этого одного результата? Имеем ли мы право делать выводы, относящиеся к желтым и синим лучам пучка лучей солнечного света? Можем ли мы сказать, например, что желтые лучи солнца в 5 раз сильнее действуют на ассимиляцию, чем синие, или что разложение углекислоты в желтых лучах относится к разложению в синих как 5:1? Конечно, нет. Для этого предварительно надо бы было убедиться, что уменьшение в напряжении желтых по прохождении их через окрашенную средину совершилось пропорционально уменьшению напряжения, которому подверглись синие лучи в синем растворе. Если же, напротив, противоположное имело место, то пришлось бы сперва определить, в каком отношении находятся напряжения желтых и синих лучей позади растворов к напряжению тех же лучей на чистом воздухе».

«Кто же из названных исследователей удовлетворил указанному здесь условию? Кто из них определил те данные, на основании которых простое наблюдение позади разноцветных стекол или растворов могло бы годиться для выводов, касающихся влияния лучей различной преломляемости в солнечном свете? Положительно никто».

«Из всего приведенного здесь я себя считаю вправе утверждать, что ни одна из работ по этому отделу физиологии, произведенных с помощью окрашенных средин, не отвечает на вопрос в том виде, в каком его ставили все исследователи без исключения. Что применение спектроскопа в означенных работах было шагом вперед, об этом никто не спорит, но что одно спектроскопическое исследование недостаточно, в том более не может быть сомнения. В одном только случае возможно было бы допустить отсутствие необходимости определить напряжение света в прошедших через средины лучах, а именно тогда, когда бы мы наперед убедились, что можно составить такие разноцветные растворы или стекла, которые, поглощая лучи известного преломления, окончательно пропускают остальные без всякого поглощения, т. е. когда бы мы имели средины, пропускающие известные лучи без всякого ущерба в их напряжении. Но таких мы не знаем. Можно предполагать, что экспериментаторы смотрели на свои средины именно с этой точки зрения. Они, правда, не высказывают этого прямо, но косвенно везде проглядывает такое мнение. Иначе невозможно объяснить причину столь явных ошибок».

Нельзя не сознаться, что рассуждения, высказанные *Волковым* в 1875 г., применяются целиком и ко всем позднейшим работам, притом независимо от источника света, при посредстве которого производились опыты.

Соглашаясь вполне с воззрением *Волкова*, я полагаю возможным ограничиться перечнем относящихся сюда работ и указанием на окрашенные средины, наиболее пригодные для пользования окрашенным светом.

Я отмечу здесь в хронологическом порядке следующие работы:

Daubeny. Philos. Trans. 1836. T. 1, 149 (1836).
Draper. A Treatise on the Forces which produce the organisation of plants. New York. 1844.
Cloëz et Gratiolet. Ann. Chim. Phys. S. 3, t. 32; 41 (1851).
Sachs. Bot. Zeit. 1864, p. 363.
Cailletet. C. R. T. 65, p. 322 (1867).
Timiriaseff. Bot. Zeit. 1869, p. 169.
Prillieux. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 10, 305 (1869).
Baranetzki. Bot. Zeit. 1871, p. 209.
Pfeffer. Arbeit. d. Bot. Instituts in Würzburg. B. 1. H. 1, p. 1 (1871).
Pfeffer. Bot. Zeit. 1872, p. 425.
Тимирязев. Об усвоении света растениями. 1875.

Во всех перечисленных работах, за исключением только двух — *Баранецкого* и *Прилльe*, менее преломляемые лучи световой части спектра считаются наиболее благоприятными для разложения углекислоты; по мнению одних, максимум разложения происходит в красных, по мнению других, в желтых лучах, т. е., другими словами, во всех этих работах признается связь между показанием преломления лучей света, их длиною волны и специфическим действием на разложение углекислоты. Совершенно иной взгляд проводят *Баранецкий* и *Прилльe*, стараясь доказать зависимость разложения углекислоты исключительно от напряженности света; на основании опытов, по моему мнению недоказательных, по отсутствию точного способа сравнения напряженности света различной окраски они выводят, что за синей, оранжевой и желтой жидкостями получается одинаковое разложение углекислоты, если только проходящий через них свет имеет одинаковую напряженность.

Возможность поддерживать в одно и то же время взгляды столь противоречивые с достаточной ясностью свидетельствует, что вопрос о влиянии окрашенных лучей света на разложение углекислоты растениями далек от решения, хотя, по справедливому замечанию *Волкова*[105], «по мнению большинства ботаников, он окончательно решен и многим из экспериментаторов, занимавшимся им специально, решение его представляется даже ясным *до очевидности*».

Главнейшие результаты над усвоением листьями составных частей атмосферы получены при посредстве анализа газов, окружающих растение. Этот способ, весьма точный, представляет, однако, неудобство в том, что может быть применен только при значительном объеме газа и требует продолжительного опыта.

Желая избегнуть этого неудобства, *Сакс*[106] ввел для количественного определения выделенного кислорода прием, впервые предложенный

[105] *Волков*. L. c., с. 1.
[106] *Sachs*. Bot. Zeit. 1864, p. 363.

Дютроше[107], именно *отсчитывание пузырьков газа, выделяемых на свет водными растениями.* Для этого погружают в воду с углекислотой отрезок водного растения (Elodea, Hippuris, Ceratophyllum) срезанным концом вверх и выставляют на свет; из надреза немедленно начинают выделяться пузырьки газа. По числу пузырьков *Сакс* полагает возможным заключать о ходе разложения углекислоты. При необыкновенной простоте этот прием представляет удобство еще в том отношении, что для получения результата требуется лишь несколько минут. При выставлении на свет уже через несколько минут устанавливается довольно постоянный ток газа, измеряемый посредством отсчитывания выходящих из надреза пузырьков газа. При затенении почти мгновенно количество пузырьков уменьшается; в темноте прекращается иногда через несколько минут; по выставлении на свет тотчас возобновляется с прежней силой. К сожалению, однако, этот изящный и простой прием не принадлежит к числу точных. Мы увидим ниже (см. главу IV), что результаты опытов затемняются несколькими побочными явлениями: 1) выделяемые пузырьки газа оказались составленными не из чистого кислорода, а из различной смеси его с азотом и углекислотой; 2) количество выходящих пузырьков газа может служить указанием на выхождение лишь части образованного кислорода, так как несомненно, что он в значительной степени может проникать в воду, диосмируя в растворенном состоянии через поверхностные слои растения; 3) скорость выхождения газа из надреза обусловливается не только разложением углекислоты, но и непосредственным нагреванием растения солнцем; наконец, 4) выхождение газа из надреза оказалось обусловленным, по исследованиям *Фан-Тигема*, двумя причинами, не имеющими ничего общего между собой; во-первых, выделением кислорода вследствие разложения углекислоты и, во-вторых, диффузией газов, проявляемой между растением и окружающей жидкостью с одинаковой силой растениями живыми и отмершими.

Совершенно иной способ наблюдения над выделением кислорода зелеными частями растений предложил *Энгельман*[108].

По вычислению *Энгельмана*, способ этот настолько чувствителен, что делает возможным открытие одной стобиллионной части миллиграмма кислорода. Реактивом послужили ему бактерии, всего лучше мелкие формы, например Bacterium Termo Cohn. В молодом возрасте они быстро двигаются, поглощая с жадностью кислород из окружающей среды; при недостатке кислорода делаются неподвижными. Зависимость движения их от присутствия кислорода обнаруживается легко в капле воды, покрытой покровной пластинкой. По мере потребления кислорода перестают прежде всего двигаться бактерии в середине капли; по краям движение их продолжается до тех пор, пока сами бактерии, скопившись массою, не преградят доступа кислорода внутрь капли и не положат предела движению. Подобную же быструю остановку в движении обна-

---

107 *Dutrochet.* Memoir s. 1837, p. 182.
108 *Engelmann.* Bot. Zeit. 1881; 441.

руживают бактерии в струе водорода; при замене водорода воздухом движение тотчас возобновляется с прежней силой. *Энгельман* воспользовался этим свойством бактерий для открытия малейших следов кислорода в жидкости. Он помещал для этой цели в каплю воды с бактериями клетки с хлорофиллом, например какую-нибудь зеленую водоросль, и, покрыв каплю покровной пластинкой, переносил в темноту; по прошествии некоторого времени в середине капли бактерии делались неподвижными за недостатком кислорода. Стоило, однако, только выставить препарат на свет, чтобы немедленно возбудить движение бактерий, смежных с водорослью, под влиянием кислорода, выделенного ею на свету. По мере накопления кислорода движение распространялось и на другие бактерии. Особенно наглядно обнаруживалась связь между движением бактерий и выделением кислорода в присутствии клеток с различным расположением хлорофилла. Так, например, вокруг Zygnema, в клетках которой хлорофилл образует два скопления, движение бактерий сосредоточивалось около этих мест каждой клетки: водоросль Mesocarpus с прямой пластинкой хлорофилла, идущей по длине клетки, приводила в движение бактерии вдоль краев пластинки; Spirogyra вызывала движение бактерий по спиральным полоскам, параллельным лентам хлорофилла. В противоположность зеленым водорослям клетки с бесцветной плазмой (монады, амебы, мицелий плесней, корневые волоски Hydrocharis Morsus Ranae) не вызывали и следа движения в бактериях. *Энгельман* исследовал этим способом выделение кислорода при ламповом свете, белом и окрашенном. В полном ламповом свете происходило выделение кислорода; весьма энергичными оказались красные лучи с длиною волны 0,7—0,6 мк, также оранжевые и желтые; слабее действовали лучи синие, еще слабее зеленые. Ультракрасные, получаемые при пропускании света сквозь раствор йода в сернистом углероде, не вызывали вовсе движения бактерий. Исследования действия цветного света на выделение кислорода были частью произведены со светом спектральным, частью же при посредстве смешанного цветного света, тщательно исследованного спектроскопом и по возможности монохроматического. Образование кислорода, обнаруживаемое движением бактерий, совпадало с моментом освещения и, по-видимому, прекращалось в момент устранения света. *Энгельман* прибавляет, что, кроме цельных клеток, выдавленные зерна хлорофилла продолжали вызывать движение бактерий до наступления дезорганизации зерна; основываясь на этих наблюдениях, он принимает, что и удаленное из клетки зерно хлорофилла сохраняет некоторое время способность выделять кислород.

Наконец, заслуживает внимания еще рекомендованная *Гоппе-Зейлером* [109] реакция на кислород, выделяемый зелеными частями растений на солнце. В стеклянную трубку в 1,5—2 см ширины и 20—30 см длины, запаянную с нижнего конца, вводят отрезок Elodea canadensis в 1—1,5 см длины и наполняют трубку водой с примесью небольшого количества гнилой крови; наполнив трубку доверху, ее запаивают. По-

[109] *Hoppe-Seiler.* Zeitschr. f. physiol. Chemie. 2, 427 (1878—1879).

средством спектроскопа в красноватой жидкости легко распознаются линии поглощения оксигемоглобина. Если же оставить трубку в темноте, то после исчезновения кислорода получается спектр поглощения гемоглобина. При освещении трубки солнцем вследствие выделения кислорода вновь появляются почти моментально линии поглощения оксигемоглобина, сперва только в жидкости, непосредственно окружающей растение, через некоторое время по всему протяжению трубки. Запаянный в трубке отрезок Elodea canadensis вырастал до 8 см длины и оставался живым в продолжение четырех недель, если только трубка оставалась в рассеянном свете. Пока растение живо, удается по произволу вызывать в жидкости спектры поглощения гемо- и оксигемоглобина.

Усвоение листьями кислорода, азота и аммиака из атмосферы

Усвоение кислорода листьями. Ниже будут описаны опыты, которыми *Бусенго* доказал, что разложение углекислоты листьями на свету происходит без участия кислорода и азота воздуха. Между прочим, выяснилось, что, удерживая углекислоту, листья усваивают не только углерод, но и объем кислорода, равный половинному содержанию его в поглощенной углекислоте. При этом остается еще не решенным, принадлежит ли кислород, выделяемый листьями, частью воде, доставляемой корнями, или целиком заимствуется из углекислоты атмосферы. Если придерживаться даже первого предположения, то необходимо допустить, что вместе с углеродом усваивается листьями из углекислоты и часть кислорода. Усвоение кислорода листьями из атмосферы в виде составной части углекислоты, следовательно, не подлежит сомнению. Результат остается тот же, если, согласно с *Рейнке*, принять за исходное соединение синтеза углеводов не ангидрид угольной кислоты и воду, а гидрат угольной кислоты (CH_2O_3).

Роль газообразного азота в питании листьями не вполне еще выяснена. Касательно участия его в этом процессе имеются показания диаметрально противоположные. *Соссюр*[110], например, утверждал, что поглощение углекислоты листьями на свету сопровождается выделением не только кислорода, но и азота и что последний выделяется в таком количестве, что сумма объемов кислорода и азота равняется объему поглощенной углекислоты.

Бусенго, специально занимавшийся ролью азота в питании растений, самым решительным образом опровергает это показание и рассматривает газообразный азот атмосферы за тело, совершенно безразлично относящееся к питанию растений, по крайней мере хлорофиллоносных. Он не признает также вывода *Виля*[111], который принимает, что растения могут усваивать газообразный азот из атмосферы. Выводы *Бусен-*

[110] *Saussure.* Rech. chim. s. l. végétation, 1804, p. 43.
[111] *G. Ville.* Rech. experimentales sur la végétation, 1868.

го[112] были подтверждены английскими учеными *Джильбертом, Лоозом* и *Пегом*[113], потратившими много лет и труда на выяснение роли азота в питании растений; из совокупности всех их опытов следует, что растения не в состоянии усваивать газообразного азота.

Первенствующее место среди этих исследований принадлежит работам *Бусенго*. Показание *Соссюра* о выделении азота при поглощении углекислоты было опровергнуто *Бусенго* частью критическим разбором приведенных *Соссюром* числовых данных, частью специально для этой цели произведенными опытами.

Результаты опытов *Соссюра* сведены в прилагаемой табличке.

Название растений	Объемы выделенных газов			Объем разложенной углекислоты, см³	Разность, см³
	Кислород, см³	Азот, см³	Кислород и азот, см³		
Mentha piperita	224	86	310	309	1
Lythrum salicaria	121	21	142	149	6
Cactus opuntia	126	57	183	184	1
Pinus genevensis	246	20	266	306	40

Первые три опыта обнаружили замечательное совпадение объемов углекислоты с суммой объемов кислорода и азота. Несмотря, однако, на удовлетворительное согласие этих цифр, *Бусенго* несомненно доказал, что азот в аппарате *Соссюра* не мог иметь своим источником растение, а проник в прибор извне. Воспользовавшись точным указанием *Соссюра* относительно веса мяты, взятой для опыта, *Бусенго* определил в соответствующем количестве мяты посредством элементарного анализа содержание азота. При этом оказалось, что во всей порции мяты, употребленной *Соссюром*, столь мало заключалось азота, что если бы весь азот выделился из нее в виде газа, то он занял бы объем в 4 раза меньший против показанного *Соссюром*. Очевидно, что прибыль азота в приборе *Соссюра* не могла быть обусловлена выделением азота из растения.

Бусенго[114] не ограничился, однако, опровержением результата *Соссюра*, но предпринял еще ряд опытов, следуя методу, отличному от употребленного его предшественниками. Он не старался устранять азота из прибора, но определял изменение в содержании азота во время опыта из точного сличения количества его в начале и конце опыта. Три равные колбы были доверху наполнены водой с одинаковым содержанием углекислоты. В две из них *Бусенго* ввел равные по весу коли-

[112] *Boussingault.* Agronomie, Chim. agricole, Physiologie, t. 1; 1 (1860) 2; 347 (1861) 3; 266 (1864).
[113] *Gilbert, Lawes and Pugh.* Philos. Mag. Vol. 151. Part. 2 (1861).
[114] *Boussingault.* Agron. Chimie agric. Physiol. T. 3, p. 266.

чества листьев одного и того же растения. Одну из колб выставил на свет; другую же колбу с листьями, а равно и третью колбу с одной водой подвергнул тотчас же кипячению в безвоздушном пространстве с целью выделить до последних следов заключенные в жидкости газы. Подобному же кипячению была подвергнута по окончании опыта колба с листьями, предоставленная в продолжение нескольких часов действию солнечного света. Газы, извлеченные из колбы с водой без листьев, указали на состав газов в жидкости, взятой для опыта; из колбы с листьями, не подвергнутой действию света, выделялись не только газы, заключенные в жидкости, но и введенные в колбу вместе с листьями. Посредством вычитания из этих чисел количества газов, добытых из колбы с водой без листьев, получилось указание на газы, содержавшиеся в листьях, взятых для опыта. Наконец, газы, выделенные из колбы с листьями, подвергнутой действию света, обнаружили изменения, происшедшие в составе газовой смеси под влиянием света. Из сравнения состава газов всех трех колб оказалось, что все они заключали одинаковые количества азота или, другими словами, что при разложении углекислоты листьями на свету вовсе не выделилось азота.

Для извлечения газов из жидкости кипячением в безвоздушном пространстве *Бусенго* употребил следующий прибор (рис. 64): колба (A) с жидкостью, из которой предполагалось извлечь газы, была соединена с двугорлым шаром (g) меньшего размера посредством изогнутых стеклянных трубок и каучука. Сообщение между этими двумя сосудами могло быть прервано или восстановлено с помощью зажима (d). Во второе горлышко шара (g) была вставлена посредством каучуковой пробки длинная, коленчато-изогнутая стеклянная трубка (hi), опущенная нижним концом в ртуть. На дно двугорлого шара была налита вода. Прервав посредством зажима (d) сообщение между колбой и шаром, *Бусенго* нагревал в шаре воду до кипения и продолжал кипячение жидкости до тех пор, пока не был вытеснен из шара парами воды весь воздух. Поднятие ртути в трубке (hi) до барометрической высоты по прекращении нагревания шара служило указанием на полное вытеснение воздуха. При восстановлении сообщения между шаром и колбою (A) часть газов немедленно выделялась из жидкости колбы и переходила в безвоздушное пространство шара даже без нагревания. Нагреванием же колбы до кипения жидкости удавалось легко перегнать в шар (g) с парами воды заключенные в колбе газы до последних следов. Затем *Бусенго* вновь разобщал колбу с шаром и, наставив над нижним концом трубки (hi) цилиндр (E), наполненный ртутью, осторожным нагреванием перегонял в него собравшиеся в шаре газы. Расследование состава смеси газов производилось посредством общепринятых газометрических приемов.

В отрицательном же смысле удалось *Бусенго* [115] разрешить вопрос об усвоении газообразного азота листьями. *Бусенго* имел при этом в виду задачу более широкую: исследовать, может ли вообще усваивать-

---

[115] *Boussingault.* Agron. Chim. agric. Physiol. etc. t. 1, 1.

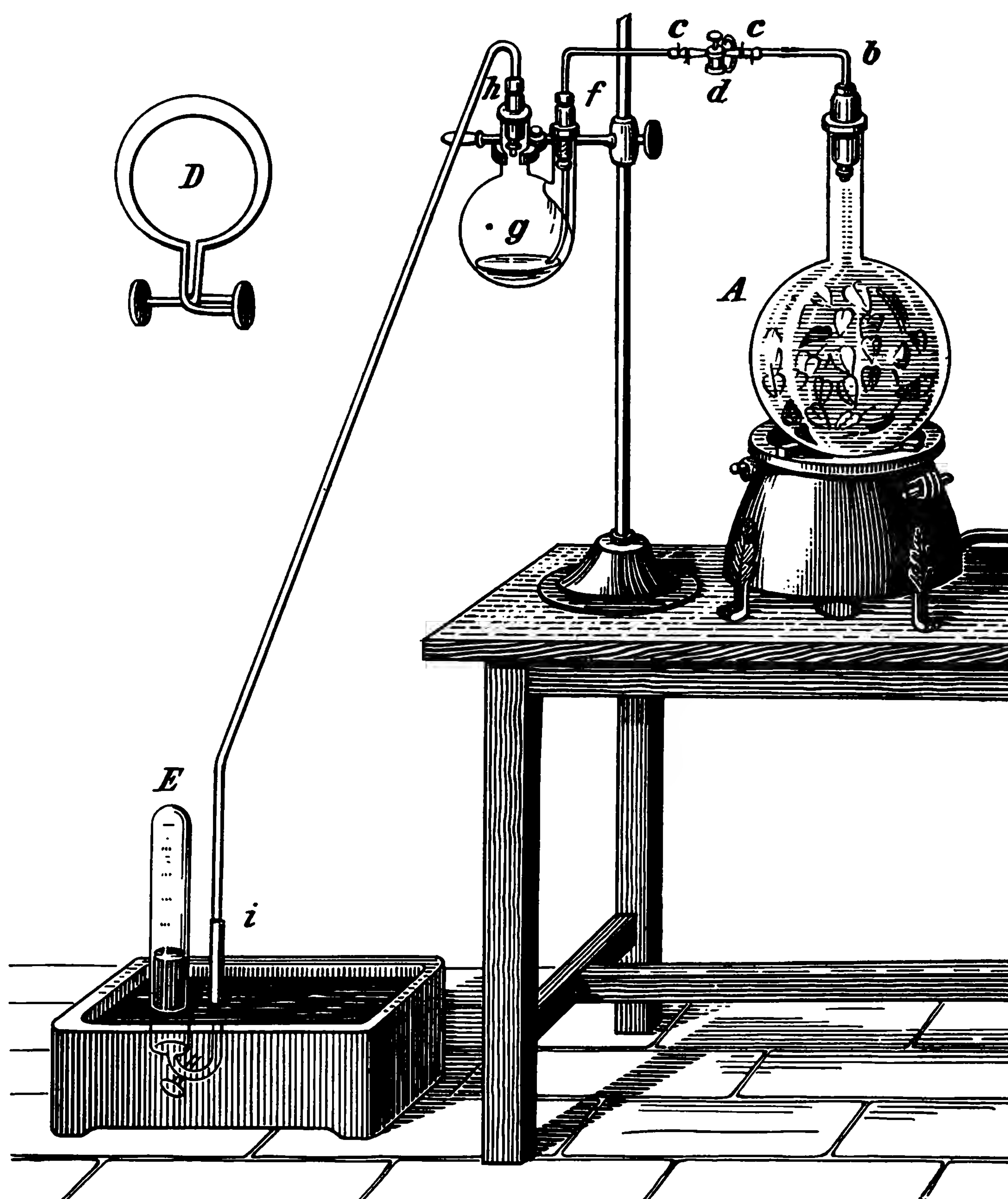


Рис. 64. Прибор Бусенго для анализа газов, выделенных из жидкости кипячением в безвоздушном пространстве

ся газообразный азот растениями. Полученный отрицательный результат разрешил в то же время в отрицательном смысле вопрос об усвоении газообразного азота листьями. При культуре из семени в искусственной почве и атмосфере, лишенных соединений азота, выращенное растение заключало количество азота, одинаковое с семенем. *Бусенго* убедился в этом посредством элементарного анализа семени и растения. Первые опыты культуры, произведенные в 1837—1838 гг. в искусственной почве, лишенной соединений азота, показали, что из атмосферы растения могут заимствовать азот лишь в весьма незначительном количестве, но и эта прибыль азота происходила, как увидим ниже, на счет аммиака и азотной кислоты атмосферы, в которой эти соединения всегда находятся, хотя и в минимальных количествах.

Вполне точное совпадение количеств азота в семени и в растении дали культуры, в которых соединения азота были устранены не только

из почвы, но из атмосферы, окружающей растение. *Бусенго* при этом указывает, что для получения почвы, совершенно свободной от соединений азота, необходимо прокаленную, еще не остывшую почву перенести в замкнутый сосуд с серной кислотой и держать в нем до начала опыта. В прокаленном песке, оставленном открытым на воздухе, через трое суток он находил до 0,78 мг аммиака в каждом килограмме песка. Аммиак был им найден также в прокаленном толченом кирпиче, в толченых костях, в древесном угле, после того как они простояли на воздухе в продолжение нескольких дней.

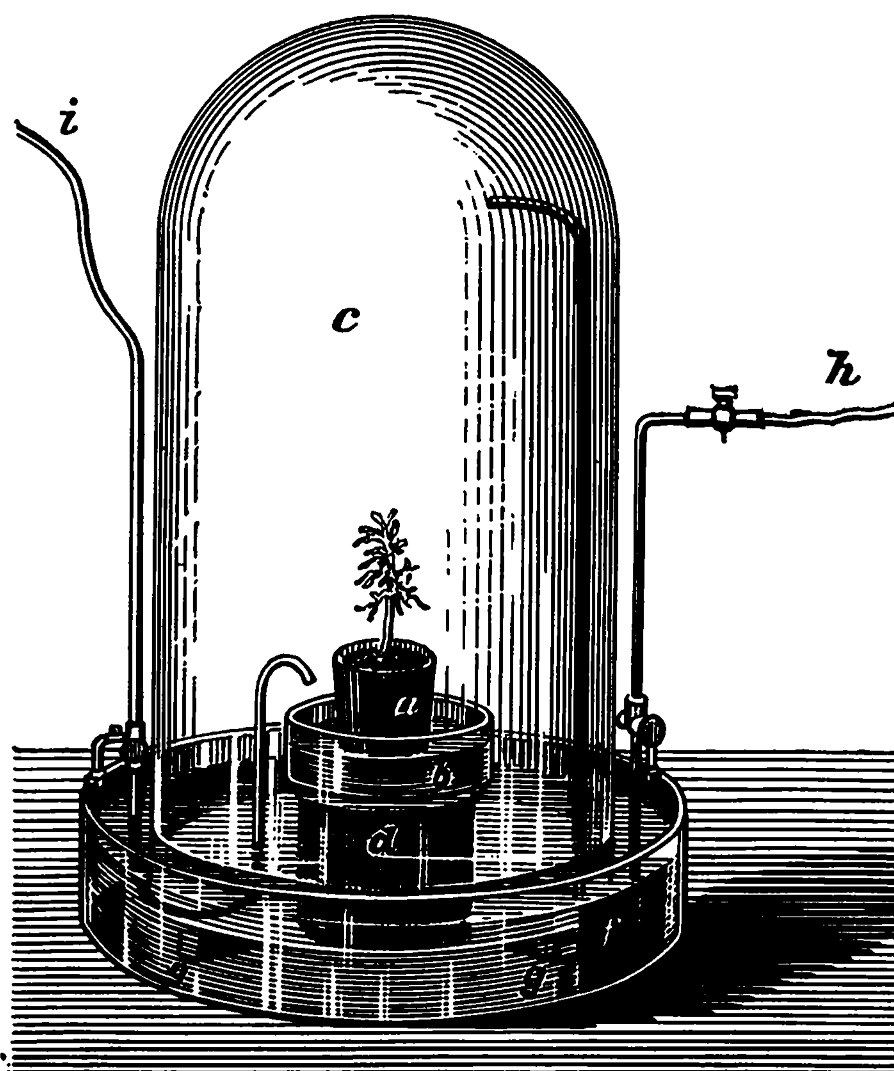


Рис. 65. Прибор Бусенго для выращивания растений в замкнутом пространстве, лишенном соединений азота

Опыты над усвоением газообразного азота растениями были произведены частью в замкнутой атмосфере, частью в струе воздуха, предварительно очищенного от соединений азота.

Опыты в замкнутой атмосфере располагались следующим образом (рис. 65): сосуд (*a*) с прокаленной пемзой или песком и семенами помещался на поддонике (*b*) под стеклянным колпаком (*c*); поддоник поддерживался подставкой (*d*) в широкой плоской чашке (*f*) с серной кислотой. Стеклянный колпак (*c*), погруженный нижним краем в серную кислоту, стоял на трех стеклянных подставках (*g*) и поддерживался ими на некоторой высоте над дном чашки. Внутрь колпака были проведены две стеклянные изогнутые трубки; через одну (*i*) подливалась в поддоник вода, через другух (*h*) вводилась по временам углекислота. Смотря по объему почвы в горшке, к ней примешивалось от 1 до 10 г древесной золы, навоза и несколько золы семян того вида растения, над которым производился опыт.

Полученные результаты сведены в прилагаемой табличке[116] (см. с. 300).

Несколько иной прием исследования был употреблен *Бусенго* в 1853 г.

Семена выращивались в объемистых стеклянных шарах (вмещавших от 30—90 л) в большом количестве прокаленной почвы с золой (от 94—840 г). Шар в верхней части суживался в горлышко, в которое плотно вставлялась шейка гораздо меньшего шара, наполненного углекислотой. Прибор этот оставался герметически замкнутым во все

[116] *Boussingault*. L. c. T. 1, p. 64.

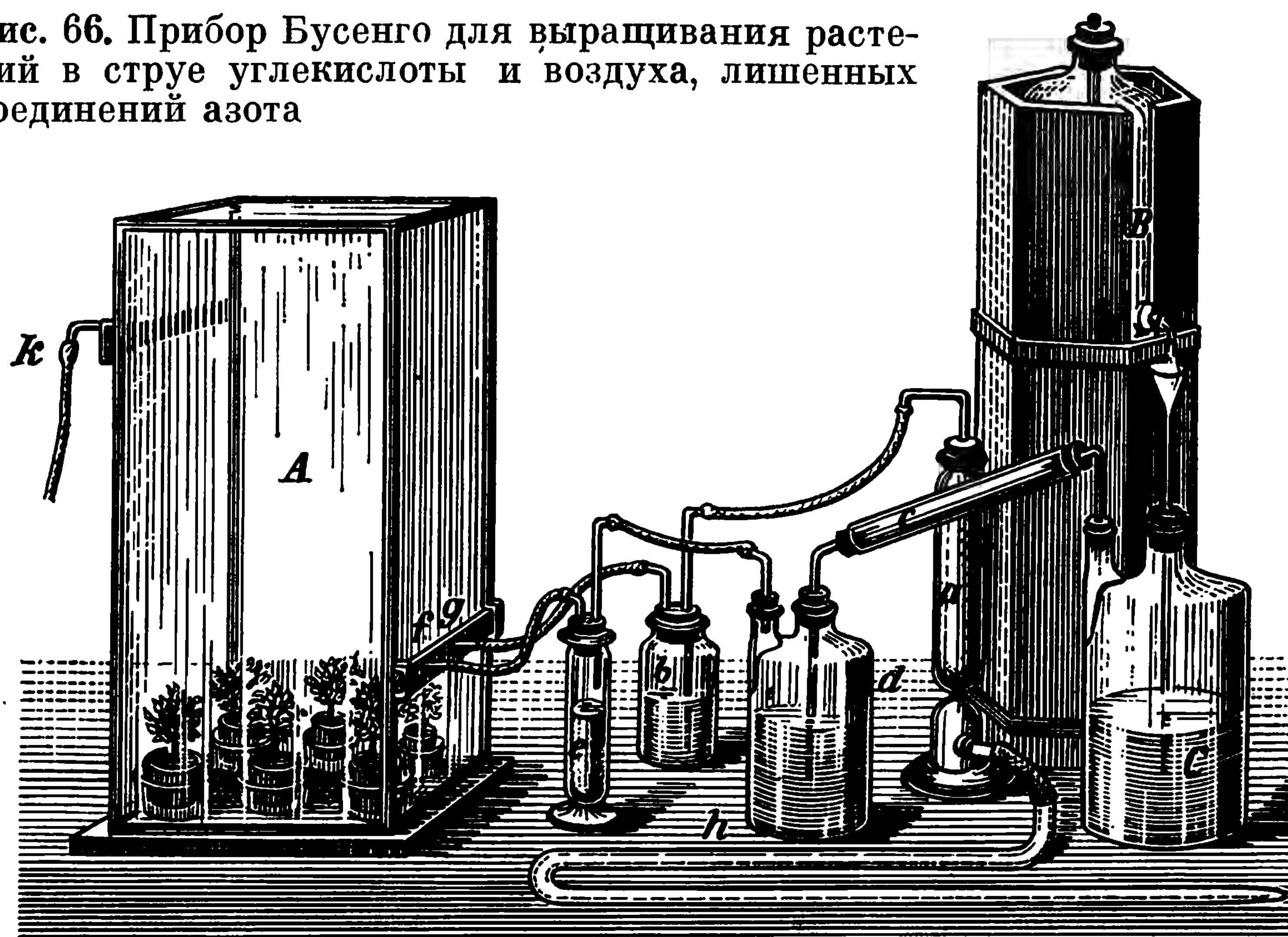
Название растений	Время опыта	Число семян	Вес сухого вещества семени, г	Вес сухого вещества выращенного растения, г	Количество азота в семенах, г	Количество азота в выращенных растениях, г	Прибыль или убыль азота во время прорастания, г
Phaseolus nanus	2 месяца	1	0,780	1,87	0,0349	0,0340	−0,0009
Avena sativa	2 месяца	10	0,337	0,54	0,0078	0,0067	−0,0011
Phaseolus vulgaris	3 месяца	1	0,530	0,89	0,0210	0,0189	−0,0021
Phaseolus vulgaris	3 месяца	1	0,618	1,13	0,0245	0,0226	−0,0019
Avena sativa	2½ месяца	4	0,139	0,44	0,0031	0,0030	−0,0001
Lupinus albus	6 недель	2	0,825	1,82	0,0480	0,0483	+0,0003
Lupinus albus	2 месяца	6	2,202	6,73	0,1282	0,1246	−0,0036
Lupinus albus	7 недель	2	0,600	1,95	0,0349	0,0339	−0,0010
Lupinus albus	6 недель	1	0,343	1,05	0,0200	0,0204	+0,0004
Lupinus albus	6 недель	2	0,686	1,53	0,0399	0,0397	−0,0002
Phaseolus nanus	2 месяца	1	0,792	2,35	0,354	0,0360	+0,0006
Phaseolus nanus	2½ месяца	1	0,665	2,80	0,0298	0,0277	−0,0021
Lepidium sativum	3½ месяца	3	0,008	0,65	0,0013	0,0013	0,0000
Lepidium sativum	В виде удобрения	10	0,026				
Lupinus albus	5 месяцев	2	0,627	5,76	0,1827	0,1697	−0,0130
Lupinus albus	В виде удобрения	8	2,512				

время опыта. В выращенных растениях также не оказалось прибыли азота.

Результат опыта не изменился при культуре растений в струе воздуха, предварительно очищенной от соединений азота (рис. 66). Вышеозначенные растения выращивались из семян в стеклянных сосудах, наполненных, как и в предыдущих опытах, прокаленной почвой и золой; сосуды помещались в большом стеклянном шкафу (*A*). Через шкаф (*A*) во все время опыта проходил ток смеси воздуха и углекислоты. Вошедшие газы вытягивались из стеклянного шкафа (*A*) посредством аспиратора через трубку (*k*). Воздух проникал в шкаф (*A*) через отверстие (*g*), но предварительно он проходил: 1) через длинную, изогнутую трубку (*h*), наполненную крупными кусками пемзы, пропитанной крепкой серной кислотой; 2) через сосуд (*a*), наполненный также кусками пемзы, смоченной серной кислотой, и, наконец, 3) через сосуд (*b*), содержавший дистиллированную воду. Углекислота, добываемая в сосуде (*C*), пропускалась на пути к шкафу (*A*) через трубку (*c*) с кусками предварительно нагретого мела через двугорлую склянку (*d*) с раствором двууглекислого натрия и, наконец, через цилиндр (*e*), содержащий куски пемзы, смоченные также раствором двууглекислого натрия.

Углекислота составляла по объему от 2 до 3% пропущенного через аппарат воздуха.

Рис. 66. Прибор Бусенго для выращивания растений в струе углекислоты и воздуха, лишенных соединений азота



Результаты опытов, произведенных с помощью этого прибора, сведены в табличке [117].

Номера опытов	Название растений	Вес сухого вещества семян, г	Азот в семенах, г	Вес сухого вещества выращенных растений, г	Азот в выращенных растениях, г	Вес почвы, г	Азот в почве, г
1, 6	Lupinus	0,947	0,0551	3,87	0,0472	423,70	0,005
2, 3, 4, 5	Phaseolu nanus	0,733	0,1672	12,24	0,1486	948,51	0,018
7	Lepidium sativum	0,100	0,0046	0,53	0,0032	283,15	0,002
Итого		4,780	0,2269	16,64	0,1990	1655,36	0,025

В выращенных растениях оказалось	0,199 г азота
В почве	0,025 г »
Семена содержали	0,227 г »
Во всех опытах, вместе взятых, обнаружилась, следовательно, убыль азота, равная	0,003 г

Интересное дополнение к предыдущим опытам представляет произведенное *Бусенго* выращивание растений из семени на открытом воздухе [118]. Семя помещалось в горшке с прокаленной почвой и минеральными солями под стеклянный фонарь (рис. 67), в который свободно мог проникать свежий воздух; для этой цели боковые стенки фонаря под-

[117] *Boussingault.* L. c., t. 1, p. 114.
[118] *Boussingault.* L. c., t. 1, p. 141.

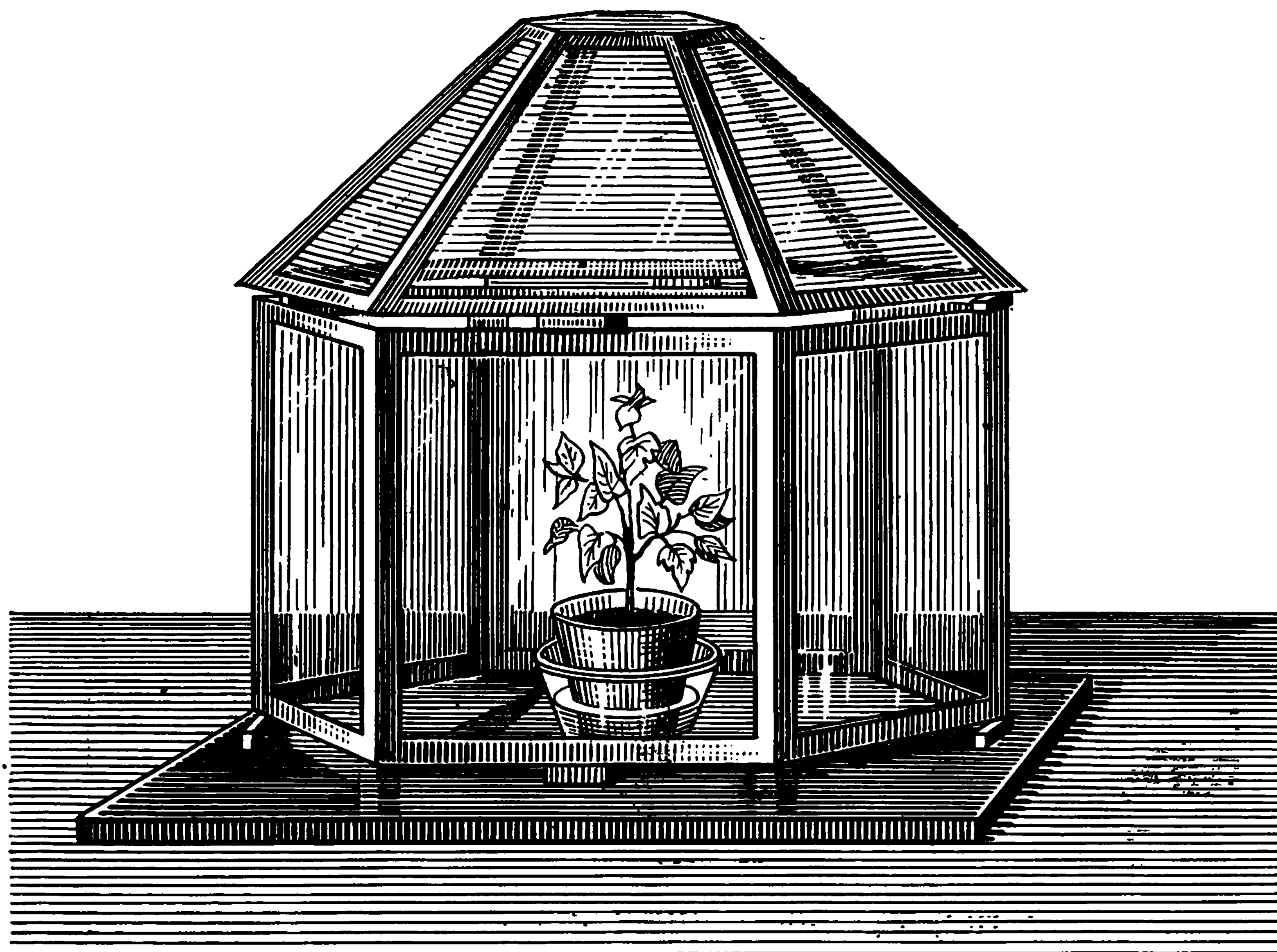


Рис. 67. Прибор Бусенго для выращивания растений на вольном воздухе, в почве, лишенной соединений азота

держивались на некотором расстоянии от дна подставками; на подобных же подставках покоилась крышка фонаря, оставляя значительную щель между крышкой и стенками.

Из нижеследующих сводных цифр девяти опытов ясно видно, что аммиаком и азотной кислотой атмосферы обусловливается лишь ничтожная прибыль азота в растениях [119].

Во всех выращенных растениях оказалось	0,2006 г азота
В почве	0,0493 г »
Семена содержали	0,2307 г »
Следовательно, получилась прибыль азота	0,0192 г »

Результаты *Бусенго* подтвердились работой *Джильберта, Лооза* и *Пэга* [120]. Они также выращивали растения из семян в прокаленной почве с золой. Приемником служил стеклянный колпак, опущенный нижним краем в желобок глиняного плоского сосуда; в желобок была налита ртуть. Во все время опыта проходила через аппарат струя смеси воздуха с 8% углекислоты; для очищения от соединений азота она пропускалась предварительно через два сосуда, из которых один заключал серную кислоту, а другой — раствор двууглекислого натрия. Результатом этих исследований было полное подтверждение опытов *Бусенго*.

[119] *Boussingault*. L. c., t. 1, p. 141.
[120] *Gilbert, Lawes and Pugh*. Phil. Mag. Vol. 151. Part II (1861).

Номера опытов	Название растений	Вес сухого вещества семян, г	Азот в семенах, г	Вес сухого вещества в выращенных растениях, г	Азот в выращенных растениях, г	Вес почвы, г	Азот в почве, г
1, 2, 8, 10	Phaseolus nanus	2,682	0,1173	9,20	0,1027	524,1	0,0211
4, 6, 7	Lupinus	1,339	0,0780	5,73	0,0702	463,1	0,0171
3	Avena sativa	0,151	0,0031	0,67	0,0031	30,0	0,0010
5	Triticum vulgare	0,293	0,0064	0,90	0,0056	177,4	0,0019
9	Lepidium sativum	0,500	0,0259	2,23	0,0190	283,1	0,0082
Итого		4,965	0,2307	18,73	0,2006	1477,7	0,0493

К выводам совершенно иного рода пришел *Виль*[121]. Выращивая семена со всевозможными предосторожностями в почве, лишенной соединений азота, *Виль* получал растения, заключавшие гораздо больше азота, чем семена, взятые для опыта. По мнению *Виля*, они могли заимствовать азот только из воздуха в виде газообразного азота.

Результаты культур *Виля* в песке с примесью минеральных солей, за исключением соединений азота, представлены ниже[122]:

Опыты	Вес семян		Содержание азота в семенах, г	Выросшие растения		Содержание азота в жатве, г	Разность азота, г
	высушенных на воздухе, г	высушенных при 120° С, г		Свежие, г	Высушенные при 120° С, г		
1849 г.							
Lepidium sativum	0,5915	0,531	0,026	35,65	8,733	0,147	+0,121
Lupinus	1,1265	0,991	0,064	17,02	3,506	0,064	−0,00
Lupinus	1,1265	0,991	0,064	12,45	2,565	0.047	−0,017
1850 г.							
Brassica oleracea	6,68	0,599	0,026	379,40	53,761	1,070	+1,044
Triticum vulgare	0,81	0,682	0,016	15,00	2,807	0,031	+0,015
Hordeum vulgare	0,73	0,617	0,013	17,75	3,136	0,037	+0,024
Zea Mays	1,72	1,488	0,029	29,37	4,503	0,128	+0,098
1851 г.							
Helinthus annuus	0,20	0,184	0,005	82,60	25,586	0,157	+0,152
Nicotiana Tabacum	1,05	0,084	0,004	103,50	22,436	0,175	+0,171
Nicotiana Tabacum	1,05	0,084	0,004	92,00	20,780	0,162	+0,158
1852 г.							
Brassica oleracea	11,68	0,854	0,048	94,80	27,412	0,226	+0,178
Triticum vulgare	1,36	1,194	0,029	26,10	12,917	0,065	+0,036
Helianthus annuus	0,64	0,588	0,016	275,00	64,090	0,408	+0,392
Brassica oleracea	37,50	3,723	0,173	437,10	60,408	0.595	+0,422
Brassica oleracea	16,90	1,833	0,105	466,00	64,786	0,701	0,596

[121] *Ville*. Recherches experimentales s. l. végétatión, 1868.
[122] *Ville*. L. c., p. 57, 59, 64 u. 66.

В опытах 1849 и 1850 гг. не был устранен из воздуха аммиак; часть азота, хотя и незначительная, была усвоена растениями в виде аммиака. В опытах 1851 и 1852 гг. растения были окружены воздухом, предварительно очищенным от аммиака.

Из этих цифр видно, что в большинстве опытов получилась значительная прибыль азота. При внимательном рассмотрении числовых данных невольно бросается в глаза различие в результатах опытов, относящихся даже к экземплярам одного и того же вида.

Еще более странным представляется несогласие в показаниях *Виля* относительно условий поглощения азота растениями: например, на с. XVIII и XIX говорится, что в прокаленной почве разные растения относятся различно к поглощению газообразного азота: пшеница и кресс усваивали азот во всех опытах, между тем как табак и рапс — только при известных условиях. Различие это *Виль* старается объяснить тем, что только растения значительно уже развитые ассимилируют газообразный азот; он считает способными к усвоению газообразного азота только такие растения, которые по весу сухого вещества превосходят семя в 10 или более раз [123]. Пшеница, имея в семени большой запас пластического материала, может, по *Вилю*, развиться в песке с неорганическими солями без аммиака и азотной кислоты настолько, чтобы усваивать газообразный азот из атмосферы; из мелких семян табака и рапса получались, по его мнению, растеньица очень мало развитые, которые делались способными усваивать газообразный азот только при культуре в плодородной почве или в песке, заключавших, кроме остальных необходимых солей, небольшое количество селитры. В последнем случае в конце опыта *Виль* находил в этих растениях количество азота, превышающее сумму азота семян и введенной в почву селитры.

Слабым развитием растений объясняется, по мнению *Виля*, отрицательный результат опытов *Бусенго, Джильберта, Лооза* и *Пэга*. К сожалению, однако, высказанное *Вилем* положение не подтверждается его опытами. К таковым, например, относятся следующие [124], в которых не оказалось усвоения газообразного азота несмотря на то что выращенные растеньица превосходили в 200 раз по весу сухого вещества семена, взятые для опыта (см. с. 305).

Замечательно, что в доказательство основного положения об усвоении газообразного азота растениями, превышающими вес семени в 10 раз, *Виль* приводит три следующие культуры кресса (см. с. XXXV). Все три культуры происходили в песке с примесью неорганических солей без соединений азота; в одной растение весило только в 7 раз больше семени и не обнаружило усвоения азота; во второй оно превосходило семя по весу сухого вещества в 11 раз; в третьей — в 48 раз; в растениях второй культуры получился избыток азота, равный 0,007 г, в третьей — 0,050 г. Непонятно, почему *Виль* счел возможным вывести из этих опытов заключение о необходимости известного развития растений (в 10 раз против семени) для усвоения газообразного азота, между тем как, по-

[123] *Ville*. L. c. p. XXXIV u. XXXV.
[124] *Ville*. L. c., p. 234–235.

Опыты	Название растений	Сухое вещество семян, г	Азот в почве и семенах, г	Сухое вещество жатвы, г	Азот жатвы, г	Отношение веса жатвы к весу семени, г
1-й	8 семян Brassica oleracea	0,027	0,070	5,450	0,070	203
2-й	8 » » »	0,027	0,070	5,140	0,066	191
3-й	8 » » »	0,027	0,070	5,020	0,068	200
4-й	20 » Triticum vulgare	1,26	0,265	26,87	0,217	21

NB. В предпоследней графе нижнее число 0,217 г соответствует содержанию азота в выросших растениях; в почве найдено 0,044 г азота; сумма этих чисел (0,261) приблизительно равна количеству азота семян и селитры в начале опыта.

моему мнению, эти культуры не дали даже определенного результата касательно кресса.

К подобным необъяснимым противоречиям относится следующее. На с. 237 *Виль* говорит, что «тщетно пытался получить прибыль азота в табаке и рапсе при выращивании их из семян в прокаленном песке; пшеница же давала постоянно другой результат, т. е. усваивала газообразный азот». С этими словами не согласуется результат опыта, произведенного (см. с. 235) с 10 семенами пшеницы, которые не обнаружили усвоения газообразного азота, несмотря даже на прибавление к почве 0,244 г азота в виде селитры.

Этих замечаний достаточно, чтобы показать, на какой шатком основании построен вывод *Виля* касательно усвоения газообразного азота растениями. Несмотря на указанные противоречия, нельзя не сознаться, что в некоторых по крайней мере опытах *Виля* прибыль азота в растениях настолько значительна, что не может быть объяснена каким-либо недосмотром с его стороны. К таковым принадлежат, кроме вышеприведенных, еще следующие [125]:

Название семян	Вес сухого вещества семян, г	Содержание азота семян, г	Выросшие растения		Количество азота, усвоенного из воздуха, г
			Вес сухого вещества, г	Содержание азота, г	
1857 г.					
35 семян Vicia Faba	2,65	0,209	40,17	1,029	+0,824
1859 г.					
10 семян Pisum sativum	2,75	0,223	79,14	1,783	+1,560
6 семян Phaseolus vulgaris	3,36	0,243	61,24	1,397	+1,154
1861 г.					
10 семян Pisum sativum	3,87	0,259	96,07	2,610	+2,354

NB. Эта значительная прибыль азота была, по показанию *Виля*, вызвана прибавлением к почве 0,797 г селитры, заключавшей 0,110 г азота.

[125] *Ville*. L. c., p. XLVIII.

Ввиду противоречивых указаний *Бусенго* и других исследователей мне кажется более удобным объяснить большую прибыль азота в опытах *Виля* не усвоением газообразного азота растением, а какой-нибудь совершенно неизвестной причиной, переводившей газообразный азот в азотную кислоту или аммиак. Уже *Клоезом*[126] было указано на образование азотной кислоты из кислорода и азота воздуха в пористой почве; нечто подобное происходило, по всему вероятию, в опытах *Виля*; до сих пор, однако, вопрос этот остается совершенно невыясненным.

Исследование над усвоением газообразного азота мотыльковыми растениями (Lupinus и Phaseolus) произвел *Бретшнейдер*[127], но опыты его вследствие неправильной постановки не разрешили предлагаемого вопроса. Растения выращивались из семян в прокаленной почве, лишенной необходимых для растения минеральных солей. Подобный прием мог быть пригоден лишь в том случае, если бы требовалось выяснить, насколько растение может разрастаться и усваивать газообразный азот в отсутствие углекислоты и минеральных солей. Понятно, что отрицательный результат в подобных опытах не решал еще вопроса о возможности усвоения газообразного азота в присутствии всех остальных необходимых составных частей сырой пищи; между тем только последняя постановка вопроса представляла научный интерес и, без сомнения, имелась в виду автором.

Наиболее известные работы над усвоением воздушными частями растений аммиака произведены *Саксом, Мейером, Шлёзингом* и *Вилем*. Работа *Сакса*[128], из которой он полагает возможным заключить о значительном усвоении листьями аммиака и азотной кислоты из атмосферы, представляет ошибку в постановке опытов, отразившуюся и на полученном результате.

Вес сухого вещества выращенных растений (Phaseolus multiflorus) превышал вес высушенного при 100° С семени до 5 раз, следовательно, получился прирост весьма незначительный. Причина этого заключалась в том, что *Сакс* не позаботился о доставлении растениям всех остальных необходимых составных частей сырой пищи. Проростки боба росли в промытом речном песке и должны были довольствоваться случайными минеральными примесями солей. Прибавление 5% углекислоты к атмосфере, окружавшей их воздушные части, уединенные посредством стеклянного приемника, не могло восполнить недостатка минеральных солей почвы.

Растение, которого воздушные части были окружены атмосферой с углекислым аммиаком, обнаружило тем не менее больший прирост органического вещества и содержало больший процент азота, чем растение, лишенное соединений азота.

Мейер[129] выращивал из семян горох, огурцы, тыкву, пшеницу и другие растения; почвой служил водный раствор всех необходимых минеральных солей, за исключением соединений азота (аммиака и азотной

---

[126] *Cloëz*. C. R. T. 41, p. 935 (1855) и Rech. s. l. nitrification etc. (1861), помещенная в книге Leçons proféssées etc. 1862, p. 113.
[127] *Bretschneider*. Land. Versuchsst. z. Jda-Marienhütte IV Ber. p. 108. (Jahresb. d. Agr. Chem. 1861, 123).
[128] *Sachs*. Chem. Ackermann. 1860, p. 163. (Jahresb. d. Agr. Chem. 1860, p. 78).
[129] *Meyer*. Land. Vers. 17, 329 (1874).

кислоты). Когда растеньица подрастали, *Мейер* уединял корни от воздушных частей, окружая одни из них герметически закрытым приемником; затем приводил воздушные части в прикосновение с аммиаком различными способами: у некоторых растений он смазывал листья раствором углеаммиачной соли различной концентрации; другие приводил в прикосновение с парами аммиака, помещая близ растения в приемнике чашку с раствором углеаммиачной соли. Контролем служили растения по возможности сходные, не получавшие аммиака. Результат, к сожалению, получился неопределенный; растения, приводимые в прикосновение с аммиаком, по сознанию *Мейера,* мало отличались от растений, лишенных аммиака, хотя и обнаружили несколько большее разрастание и более темную зеленую окраску. Неопределенность результата опытов *Мейера* была вызвана главным образом побочными, случайными причинами; одни растения оказались изъеденными улитками, другие пострадали от паразитного грибка (ржавчины), третьи — от чрезмерного нагревания солнцем, а также и от несоразмерно большого количества паров аммиака.

Быстрее всего гибли от аммиака мотыльковые растения; горох заболевал и отмирал раньше всех остальных растений. Между тем на основании сельскохозяйственных данных о влиянии мотыльковых на обогащение почвы соединениями азота следовало бы ожидать результата диаметрально противоположного, т. е. усиленного поглощения аммиака воздушными частями мотыльковых растений. Из этого *Мейер* заключает, что свойственная мотыльковым растениям способность обогащать почву соединениями азота кроется не в усвоении ими аммиака из атмосферы, а в другой какой-нибудь причине.

Наименее чувствительными к аммиаку оказались листья Funkia и Kalmia latifolia; смачивание их 100%-ной углеаммиачной солью не оказывало на них вреднего влияния, между тем как листья остальных исследованных растений отмирали от 2%-ного раствора этой соли. Если, несмотря на неблагоприятные условия культуры, в опытах *Сакса* и *Мейера* получилось более сильное развитие растений в присутствии углекислого аммиака в воздухе, то следовало ожидать несравненно более удачного результата при правильной постановке опыта. Опыты *Шлёзинга*[130] и *Виля*[131] оправдали это предположение.

Шлёзинг[132] доказал поглощение аммиака воздушными частями Nicotiana tabacum. Для этой цели были введены культуры двух экземпляров табака. В почве, сравнительно бедной соединениями азота, корни каждого из растений были погружены в горшок, содержавший 75 кг земли; воздушная часть растения была заключена в стеклянный, отовсюду замкнутый приемник емкостью в 250 л. Через каждый из них был пропускаем ток воздуха с 1% углекислоты. Аммиак был предоставлен одному из растений в виде водного раствора углеаммиачной соли в

---

130 *Schloesing.* C. R. 78, 1700 (1874).
131 *Ville.* L. c., p. 73.
132 *Schloesing.* C. R. 78, 1700 (1874).

количестве 0,900 г/л воды. Ежедневно раствор был заменяем новым. Опыт продолжался с 31 июля по 14 сентября. Всего улетучилось 1,327 г аммиака с содержанием 1,093 г азота.

В растении, оставленном в прикосновении с аммиаком, оказался избыток азота, равный 0,800 г, т. е., другими словами, было усвоено растением приблизительно $^3/_4$ всего предоставленного аммиака. В связи с этим найдено было в растении несколько большее содержание сухого вещества, равное 146,9 г, между тем как растение, не получавшее аммиака, весило 139 г. Исследование различных частей табака обнаружило более богатое содержание азота во всех органах растения, получавшего аммиак.

Виль заметил чрезвычайно сильное разрастание и окраску в темно-зеленый цвет листьев от прибавления к воздуху $^2/_{10000}$ до $^4/_{10000}$ аммиака. К сожалению, опыты *Виля* не представляют ручательства в поглощении аммиака воздушными частями растений, так как действию смеси воздуха с аммиаком подвергались цельные растения с почвой, в которой произрастали. Ввиду, однако, с одной стороны, вреднего влияния углеаммиачной соли на корни (с. 367), а с другой стороны, указания *Виля* на примесь аммиака не к почве, а к атмосфере можно с большой вероятностью принять, что усиленное развитие растений в опытах Виля обусловливалось поглощением аммиачной соли листвой. От примеси аммиака к воздуху получались растения больших размеров и веса и более богатые содержанием азота. Таблички сравнительных культур в воздухе и в смеси воздуха с аммиаком дают совершенно согласное указание во всех опытах на весьма значительный избыток азота в растениях, выращенных в смеси воздуха с аммиаком.

Виль указывает на успешное применение аммиака для усиления роста растений в оранжереях. Получились прекрасные результаты от примеси к воздуху в оранжерее 1,25 г аммиака на 1 м^3 воздуха. «В Англии,— пишет *Виль,*— для этой цели натирают по 2 раза в неделю углекислым аммиаком трубы, служащие для нагревания оранжереи». *Виль*[133] нашел более удобным употреблять прибор, составленный из шара с плоским дном и трехгорлой склянки. Каждое утро вводят в шар по нескольку кусков извести и определенный объем раствора нашатыря. Пробка шара снабжена двумя отверстиями со стеклянными трубками; одна из них сообщается с системой свинцовых трубок, которые проводят газ в 5—6 различных мест оранжереи; посредством другой шар соединяется с трехгорлой склянкой. В склянку вводят мелу или мрамора и по времени прибавляют серной кислоты; развивающаяся углекислота переходит в шар и проникает в оранжерею через свинцовые трубки, содержащие пары аммиака. Особенно сильное влияние аммиака сказалось на растениях, выращенных в плодородной почве. Подтверждением могут служить следующие числовые данные[134]. Каждый опыт производился над тремя экземплярами рапса, весившими 0,853 г после высушивания

[133] *Ville.* L. c., p. 85.
[134] *Ville.* L. c., p. 90.

при 120° С; они заключали 0,048 г азота. Опыты начались 25 сентября 1851 г. и были закончены 12 июня 1852 г. Воздух содержал 0,00015 г аммиака и 1% углекислоты.

Рапс, выращенный в прокаленном песке, на воздухе весил после высушивания при 120° С	27,34 г и заключал 0,226 г азота
Рапс, выращенный в хорошей земле, на воздухе весил после высушивания при 120° С	51,51 г и заключал 0,840 г азота
Рапс, выращенный в песке и в воздухе с аммиаком, весил после высушивания при 120° С	115,40 г и заключал 1,171 г азота
Рапс, выращенный в хорошей земле и в воздухе с аммиаком, весил после высушивания при 120° С	133,15 г и заключал 4,612 г азота

Интересны также приведенные *Вилем* наблюдения над чрезмерным развитием листвы и над задержкой развития цветов у многих оранжерейных растений, вызванные пропусканием аммиака по способу *Виля*[135]. Особенно заслуживают внимания его указания, что спрыскиванием посредством пульверизатора ягод винограда водой с примесью углекислого аммиака получились ягоды в 2 раза крупнее обыкновенных.

Б. О СИНТЕЗЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ ИЗ МИНЕРАЛЬНЫХ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ СЫРОЙ ПИЩИ

Опыты культуры выяснили, что хлорофиллоносные растения могут развиться вполне и принести зрелые семена, если им доставить водный раствор пяти неорганических солей — KNO_3. KH_2PO_4, $Ca(NO_3)_2$, $MgSO_4$, $PFeO_4$[3*] в присутствии O_2 и CO_2. Мы видели (см. главу II), что в темноте растения разрастаются лишь на счет отложенных заранее органических соединений, а по истощении их останавливаются в развитии за невозможностью синтеза органических соединений в отсутствие света. При ближайшем рассмотрении синтеза органических соединений в растениях прежде всего подлежит разрешению вопрос: все ли органические соединения образуются в растениях при содействии света или только некоторые и какие именно? На этот вопрос имеется одно положительное указание: доказана зависимость образования от света хлорофилла и углеводов; появление последних, как увидим ниже, неразрывно связано с разложением углекислоты и выделением кислорода зелеными частями растений на свету.

Относительно остальных органических соединений положительных данных не имеется, но существуют косвенные указания на синтез в растениях сложнейших из органических соединений — белковых тел и жиров — без содействия света из минеральных соединений и углеводов (см. ниже в разделе о питании грибов).

Среди бесчисленного количества реакций синтеза в растениях необходимо, следовательно, различать: 1) реакции, происходящие только в присутствии света, и 2) реакции, не нуждающиеся в его содействии.

---

[135] *Ville*. L. c., p. 97.

Реакции, происходящие только в присутствии света

Все известное о синтезе органических соединений в растениях сводится почти исключительно к исследованиям образования углеводов из углекислоты и воды; существующие указания на образование в некоторых растениях путем синтеза на свету жира требуют еще дальнейшего расследования; обусловливаемое светом зеленение растений, по всему вероятию, не принадлежит к реакциям синтеза. Замечательно, что новообразование всех этих соединений под влиянием света происходит только в хлорофиллоносной ткани и притом исключительно в зеленых крахмалообразователях.

Относящиеся сюда исследования я изложу в следующем порядке: образование под влиянием света: 1) крахмала (и глюкозы); 2) маслообразного жира и 3) хлорофилла.

Синтез крахмала

Микроскопические исследования над появлением и исчезновением отложений крахмала в зернах хлорофилла. Присутствие крахмала в зернах хлорофилла было замечено еще *Мульдером*[136]; при этом он полагал, что зерна крахмала, постепенно зеленея, превращаются в зерна хлорофилла. *Моль*[137] подтвердил присутствие крахмала в зернах хлорофилла, но утверждал, что не зерно хлорофилла образуется из крахмала, а, наоборот, крахмал отлагается в зерне хлорофилла. В настоящее время известны случаи образования в крахмалообразователях хлорофилла до появления крахмала, а также и случаи отложения крахмала до образования хлорофилла; к первым относятся крахмалообразователи зеленые, называемые обыкновенно зернами хлорофилла; ко вторым — крахмалообразователи бесцветные, находимые в тканях растений, устраненных от света. Здесь я буду иметь в виду только первые. Способы их образования и нарастания в зернах хлорофилла были тщательно исследованы в последнее время *Шимпером*[138].

Примечание. В последнее время обратили внимание на особенный способ образования зерен хлорофилла из бесцветных крахмалообразователей. По описанию *Габерландта*[139] и *Микоша*[140], они образуются из зерен крахмала; зерно крахмала облекается слоем плазмы; заключенный в плазме крахмал постепенно исчезает, а позеленевший комочек плазмы превращается в зерно хлорофилла. Происходящие этим путем образования или превращаются в нормальные зерна хлорофилла и впоследствии переполняются ассимилированным крахмалом, или же не участвуют, по-видимому, в ассимиляции и не заключают в себе крахмала; к последним относятся, например, тщательно изученные *Штёром* зерна хлорофилла в клетках кожицы и в волосках листьев весьма многих растений. Другое, на мой взгляд, гораздо ближе к

---

[136] *Mulder*. Versuch einer physiol. Chemie, p. 294.
[137] *Mohl*. Vegetab. Zelle, p. 205.
[138] *Schimper*. Bot. Zeit. 1880, p. 881 и 1881, p. 185.
[139] *Haberlandt*. Bot. Zeit. 1877, 378.
[140] *Mikosch*. Sitzungsb. d. Wien, AK. 78; 1 Abth., p. 265 (1878).

истине подходящее воззрение высказали *Шимпер*[141] и *Денеке*[142]; они утверждают, что вышеописанные зерна хлорофилла образуются из участков плазмы – бесцветных крахмалообразователей, которые отличаются от зерен хлорофилла лишь тем, что в них отложение крахмала предшествует зеленению. Дальнейшая судьба позеленевших крахмалообразователей находится, по их мнению, вне всякой связи со способом происхождения зерна, и отправления позеленевших крахмалообразователей обусловливаются исключительно местом отложения в растении и внешними влияниями; так, например, в зернах хлорофилла, происшедших этим путем в клетках кожицы, по *Штёру*, никогда не образуется крахмал; напротив того, по наблюдениям *Габерландта* и *Микоша*, в молодых нарастающих органах, богатых крахмалом, из крахмалообразователей, содержащих крахмал раньше хлорофилла, образуются нормальные зерна хлорофилла, участвующие со временем в процессе ассимиляции крахмала.

Наблюдая отложения крахмала в зернах хлорофилла, *Сакс*[143] нашел, что они исчезают, если растение перенести в темноту, а на свете вновь появляются, притом исключительно в зернах хлорофилла. Предметом для его наблюдений послужили листья Nicotiana tabacum, Tropaeolum majus, Geranium peltatum. Листья их, как и всех других растений, обнаружили на вырезанных отрезках присутствие крахмала в зернах хлорофилла. Затем растения были перенесены в темноту; через определенные промежутки времени свежие куски листьев были исследованы на крахмал; чем дольше оставались растения в темноте, тем меньше заключали они крахмала в зернах хлорофилла; по прошествии нескольких суток исчезли последние следы его, в чем легко было убедиться, действуя на разрезы раствором йода. Растения между тем оставались живыми и образовали за это время этиолированные побеги на счет запасного материала, который они заключали до перенесения в темноту.

При обратном перемещении обескрахмаленных растений из темноты на свет они вновь образовали крахмал; по прошествии нескольких дней удавалось убедиться в его присутствии в зернах хлорофилла; как и прежде, нигде в других местах зеленых частей растения его не было.

Сакс совершенно верно заключил на основании этих опытов о зависимости образования и исчезания крахмала в зернах хлорофилла от света и указал на крахмал как на один из первых продуктов ассимиляции.

Мне удалось найти объект гораздо более удобный для подобного рода наблюдений, именно водоросль Spirogyra.

Нитчатка эта состоит из ряда цилиндрических клеток, сращенных основаниями. Каждая из клеток вполне самостоятельна и может разрастись в длинную нить. Spirogyra удобно разрезается ножницами на части, составленные из нескольких клеток; отрезанные участки быстро разрастаются. Посредством маленькой кисточки отрезки легко переносить без малейшего повреждения из одного сосуда в другой, вследствие чего мне удавалось наблюдать за одними и теми же клетками в продолжение нескольких недель. Измеряя их посредством окулярного микрометра,

---

[141] *Schimper*. Bot. Zeit. 1880, p. 881.

[142] *Dehneke*. Ueb. nicht assimilirende Chlorophyllkörper, 1880 (Dissert.). Bot. Zeit. 1880, p. 795.

[143] *Sachs*. Bot. Zeit. 1862, N 44 и 1864, N 38.

я узнавал их прирост и в то же время мог следить за их делением, за накоплением и исчезанием крахмала и другими изменениями, которые в них происходили. Чтобы устранить повреждение, которое могло произойти при обыкновенном способе наблюдений под микроскопом, от защемления отрезков в капле между предметным стеклом и покровной пластинкой, я наблюдал их в висячей капле. Капля с водорослью помещалась на нижней стороне покровной пластинки, которая поддерживалась на некоторой высоте над предметным стеклом двумя картонными или стеклянными перекладинами. В промежутки между наблюдениями отрезки Spirogyra находились в блюдце с водой.

Характерную особенность клеток Spirogyra составляют, как известно, чечевицеобразное ядро и зеленые ленты, окрашенным хлорофиллом[4*] и соответствующие зернам хлорофилла других растений (рис. 68). Сообразно с этим следовало ожидать, что в клетках Spirogyra крахмал будет находиться исключительно в лентах хлорофилла; наблюдения вполне оправдали высказанное предположение.

Несколько отрезков Spirogyra я оставил в темноте; после того как весь крахмал из них исчез, я перенес отрезки на свет; через 30 мин уже появились в лентах хлорофилла вновь зернышки крахмала, несмотря на то что источник света был сравнительно слабый, именно ламповый свет, усиленный двумя рефлекторами и плоско-выпуклой чечевицей[144]. Опыты эти удаются легко, если только для избежания чрезмерного нагревания Spirogyra задержать темные тепловые лучи вставкой между источником света и водорослью стеклянного сосуда с параллельными стенками, наполненного водою.

При замене лампового света солнечным появление крахмальных зерен обнаружилось, по наблюдениям *Крауса*[145], уже через 5 мин. У цветковых (Raphanus sativus) удалось *Годлевскому*[146] наблюдать появление зернышек крахмала после 15-минутного пребывания на свету; столь быстрое образование крахмала происходило, однако, только в смеси воздуха с 8% углекислоты. Появление крахмала в этих случаях, несомненно, обусловливалось синтезом его из углекислоты и воды.

Бем старался опровергнуть сделанный мною вывод и доказать, что источником крахмала в данном случае послужила не углекислота, а органическое соединение (не определенное им точнее), превращаемое будто в крахмал при действии света. Возражение свое *Бем* основывал главным образом на том, что ему не удавалось вызвать разложения углекислоты при искусственном свете. Листья, в опытах *Бема* освещаемые пламенем газового рожка, выделяли только углекислоту и погибали; он не допускал поэтому возможности разложения углекислоты под ламповым светом и относительно результатов *Крауса* высказался в одинаковом смысле. Для опровержения *Бема* необходимо было собрать газы, выделяемые Spirogyra при искусственном свете, и подвергнуть их анализу;

---

[144] *Фаминцын.* Действие света на водоросли. 1866; с. 39; см. также: Mél. biol. de l'Acad. d. S. Pétersbourg. 5; 1 (1865); 6, 277 (1867); 7; 1 (1868); 9; 331 (1873).
[145] *Kraus.* Pringsh. Jahrb. 7; 511. (1869–70).
[146] *Godlewski.* Flora, 1873, 380.

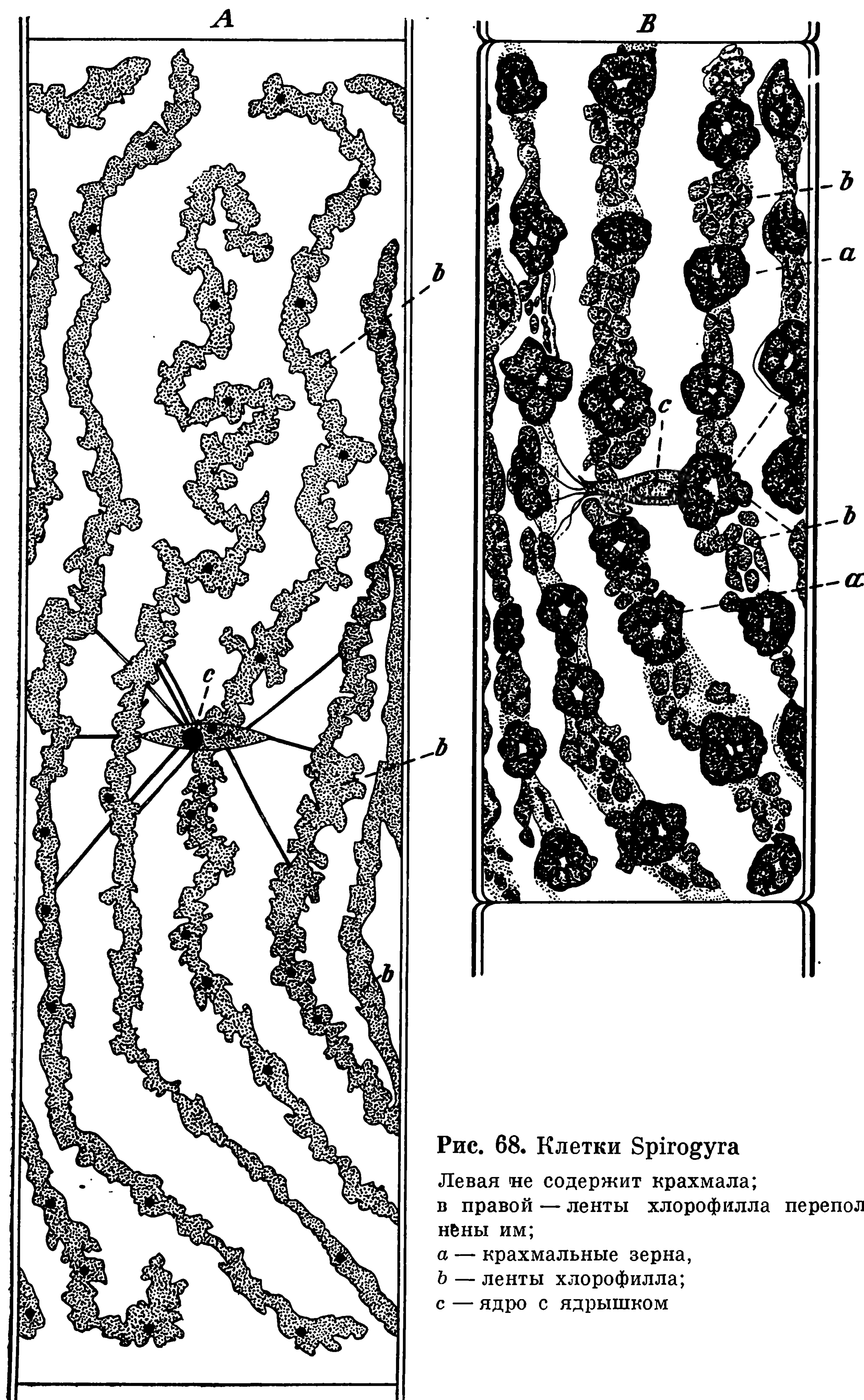


Рис. 68. Клетки Spirogyra

Левая не содержит крахмала;
в правой — ленты хлорофилла переполнены им;
a — крахмальные зерна,
b — ленты хлорофилла;
c — ядро с ядрышком

результат анализа подтвердил мой вывод; в смеси газов, выделившихся над водою, преобладал кислород [147].

Подвергая [148] в воде с углекислотой отрезки Spirogyra, Selaginella denticulata, Elodea canadensis, Bambusa arundinacea действию моих ламп в 12 свечей, свет которых, как и в прежних опытах, был усилен чечевицей и рефлектором, я получил по прошествии 40-часового освещения от 1 до 4,5 см^3 газа, составленного почти исключительно из кислорода. Почти одновременно появилась работа *Дегерена* и *Макена* [149] над разложением углекислоты листьями при посредстве Друмондова света и лампы Бурбуза. В обоих случаях обнаружилось разложение углекислоты с выделением кислорода; ввиду того, однако, что все манипуляции с газами, как и в остальных работах *Дегерена,* происходили над водою, сообщаемые цифры не могут считаться точными.

Примечание. В близком соотношении с вышеприведенными исследованиями находятся произведенные *Сименсом* [150] и *Дегереном* [151] попытки выращивания растений в электрическом свете. Сименс даже считает выгодным применение электрического света для целей садоводства и земледелия. В опытах *Сименса* растения подвергались электрическому освещению с 5 часов вечера до 6 часов утра. В продолжение дня они находились в рассеянном дневном свете. Наиболее удачные результаты были получены при употреблении электрической лампы с бесцветным (матовым?) стеклом. Горох, посеянный 15 октября, вызрел к 16 февраля; кусты малины, перенесенные в теплицу 16 декабря, принесли зрелые плоды к 1 марта; рожь, ячмень, овес развивались очень быстро; они, однако, не созрели и легли на землю, достигнув длины 30 см. При непосредственном освещении электрическим светом получалось очень незначительное развитие растений. *Сименс* полагает, что в последнем случае вредно влияли на растения ультрафиолетовые лучи, которыми изобилует электрический свет. Задерживанием этих лучей он объясняет успешное развитие растений при вставке стекла. Из описания опытов *Сименса* видно, что при постановке их было сделано весьма существенное упущение; именно вовсе не было обращено внимания на устранение темных тепловых лучей. Этою причиною, а не изобилием ультрафиолетовых лучей объясняется, по моему мнению, жалкий вид растений, непосредственно освещенных, сравнительно с теми, которые получили свет, пропущенный через бесцветное (матовое?) стекло.

Сименс произвел также опыты с окрашенными стеклами; ввиду, однако, вышеизложенной причины, а равно и по отсутствию спектрального анализа цветного света опыты эти недоказательны. Тем не менее произведенные *Сименсом* исследования заслуживают полного внимания, и весьма желательна их проверка при возможном устранении нагревания выращиваемых растений.

Подобные же опыты произвел *Дегерен,* воспользовавшись электрическою выставкой в Париже в 1882 г., но получил результаты менее удовлетворительные, чем *Сименс.* Большинство растений, беспрерывно освещаемых электрическим светом без вставки стекла, пострадали очень значительно. При пропускании света сквозь прозрачное (матовое?) стекло вредное действие электрического света более не обнаруживалось, но он все-таки оказался недостаточным для поддержания нормального хода развития растений до конца; некоторые растения обнаруживали признаки этиоляции; ни одно растение даже не цвело; только сильные растения оставались живыми при непрерывном освещении электрическим светом. В кратком извлечении недоступной мне статьи *Дегерена* не упоминается также о необходимых предосторож-

[147] *Famintzin.* Mel. biol. de L'Acad. d. St. Petersd. 10, 401 (1880).

[148] *Фаминцын.* Речи и протоколы 2-го съезда русских естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге. 1879. Ботаника. С. 8.

[149] *Deherain et Macquenne.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 9; p. 47 (1880).

[150] *Siemens.* См. реферат в Jahresd. Agric. Chem. 1881, p. 176.

[151] *Deherain.* Annal. agron. T. 7; p. 551. (Jahresb. Agric. Chem. 1881, 177).

ностях для устранения чрезмерного нагревания растений. По всему вероятию, в этом обстоятельстве заключается одна из причин неудачи выращивания растений в электрическом свете.

N. B. О разложении углекислоты растениями при искусственном свете см. выше.

Следуя вышеописанному приему, я имел возможность наблюдать одни и те же клетки в продолжение нескольких недель, и мне удалось с желаемою точностью проследить на отрезках Spirogyra сотношение между потреблением крахмала, отложенного в лентах хлорофилла, и разрастанием клеток. В клетках Spirogyra, предоставленных непрерывному освещению ламповым светом в продолжение суток или более, ленты хлорофилла до того переполнялись крахмалом, что становились толще и вследствие увеличения объема делались бледно-зелеными. Если в переполненном крахмалом отрезке Spirogyra измерить длину клеток под микроскопом и оставить его в темноте, то легко заметить, повторяя измерение клеток, что они быстро растут и делятся (большею частью только по одному разу). По мере разрастания клеток проявляется постепенная убыль крахмала в лентах хлорофилла. По прошествии некоторого времени рост клеток с каждым днем слабеет и, наконец, совершенно прекращается; к этому времени в отрезке не оказывается вовсе крахмала. Между тем все клетки в отрезке еще совершенно живы, и, чтобы возбудить в них прежнюю жизнедеятельность, стоит только вновь предоставить их на несколько часов действию света. Изменяя время пребывания отрезков Spirogyra на свету и в темноте, я нашел наиболее выгодным предоставлять их ежесуточно в продолжение 6 часов действию лампового света, а на остальные 18 часов переносить их в темноту. В продолжение 6 часов появляются в клетках Spirogyra весьма значительные и крупные отложения крахмала; при следующем 18-часовом пребывании в темноте весь крахмал потребляется до последних следов и клетки отрезка оказываются ко времени перенесения их на свет вполне обескрахмаленными. Повторяя подобные манипуляции несколько суток сряду, удается в сравнительно короткое время на одном и том же отрезке проследить зависимость роста клеток от присутствия в них крахмала с желаемою точностью.

Не подлежит сомнению, что одновременно с крахмалом происходит синтез и других соединений, необходимых для разрастания клеток, так как только при полном составе запасного материала возможно построение из него новых частей растения; непосредственных же указаний на это не имеется. В настоящее время можно только утверждать, что по присутствию или отсутствию запасного крахмала удается определить с достоверностью (по крайней мере для Spirogyra), насколько исследуемый отрезок способен разрастись при устранении условий ассимиляции углекислоты. На прилагаемых рисунках достаточно ясно выражены различия клетки Spirogyra на свету и в темноте.

Подобную суточную периодичность в появлении и исчезании крахмала нашел *Де Фризе* [152] в листьях свеклы, растущей на открытом возду-

[152] *De Vriese.* Landw. Jahrbüch. 1879; 417. (Just. Jahresb. 1879, 277).

хе. Днем клетки паренхимы листовых пластинок наполнялись крахмалом; ранним утром они не заключали его вовсе или же только в немногих местах.

Зависимость образования крахмала от присутствия углекислоты в атмосфере. *Годлевский*[153] и *Молль*[154] исследовали зависимость образования крахмала на свету от присутствия углекислоты в атмосфере и получили весьма любопытные результаты. *Годлевский* выращивал семена Raphanus sativus в песке с примесью минеральных солей. Когда семядоли выросли и заключали в зернах хлорофилла значительные отложения крахмала, *Годлевский* переносил растеньица в замкнутую атмосферу, лишенную углекислоты, и выставлял на свет. Оказалось, что в растеньице не только не образовалось нового крахмала, но и накопленный в зернах хлорофилла до начала опыта исчезал столь же быстро, как и в темноте. На основании этих фактов *Годлевский* заключил, что растворение и потребление крахмала, образованного в зернах хлорофилла, не прекращается на свету и что видимое увеличение его массы под влиянием света обусловливается преобладанием процесса новообразования крахмала над его потреблением.

Последние наблюдения *Годлевского* были в точности подтверждены *Моллем*; в листьях Phaseolus multiflorus, Cucurbita Pepo, Tropaeolum nanum и Beta vulgaris var. saccharifera, перенесенных на свет в атмосферу, лишенную углекислоты, крахмал исчезал столь же быстро, как в листьях, оставленных в темноте. Кроме того, *Моллю* удалось доказать, что углекислота, разлагаемая листьями, заимствуется исключительно из атмосферы, между тем как корни углекислоты не доставляют. Выводы свои *Молль* основывает на следующих опытах: в первой серии опытов листья Typha latifolia, T. stenophylla и Sparganium ramosum были обескрахмалены предварительным пребыванием в темноте. Лист был введен нижнею частью в стеклянный приемник, заключавший смесь воздуха с 5% углекислоты; средняя часть листа оставалась свободною, а верхняя помещалась в замкнутую атмосферу, лишенную углекислоты. Затем лист был выставлен на солнце. По прошествии 1—2 дней *Молль*, согласно ожиданию, нашел нижнюю часть листа переполненною крахмалом, между тем как в верхней не было и следов крахмала. Во второй серии опытов вершина листа была защемлена между двумя плотно приложенными стеклянными чашками; в одной из них находился раствор едкого кали; остальная часть листа помещалась в смеси воздуха и 5% углекислоты. Объектами служили листья Cucurbita Pepo, Vitis vinifera, Cercis Siliquastrum, Viola suava, Polygonum bistorta и Trifolium pratense. Несмотря на непосредственное соприкосновение части листа, лишенной углекислоты, и части, оставленной в смеси воздуха и углекислоты, в первой не образовалось вовсе крахмала, между тем как вторая заключала его в изобилии. К подобному результату привели третья и чет-

[153] *Godlewski.* Flora, 1873, 378.
[154] *Moll.* Extrait d. Archives Néerlandaises. T. 12 (1876); более подробное изложение см.: Landw. Jahrbücher, 1877, 327.

вертая серии опытов, различающиеся от предыдущих только тем, что исследуемые части листьев были отрезаны и разъединены до начала опыта.

Примечание. Ввиду зависимости усвоения углерода от содержания углекислоты в атмосфере были бы весьма желательны опыты выращивания растений в атмосфере, богатой углекислотой. Мне известна одна работа в этом направлении, принадлежащая *Дегерену* и *Макену*[155]; определенного результата получить им, однако, не удалось.

Попытки выяснить характер синтеза углеводов. Неоднократные попытки выяснить синтез углеводов в зеленых частях растений не увенчались пока желаемым успехом. По мнению одних, образование углеводов из углекислоты и воды происходит путем постепенного раскисления; к этому воззрению, заявленному в первый раз *Либихом*, присоединились в последнее время *Мейер* и *Брунер*. По мнению других (*Бейер, Краус, Рейнке*), первым продуктом ассимиляции является альдегид муравейной кислоты, из которого уплотнением частицы образуется углевод. *Прингсхейм*, наконец, считает первым продуктом ассимиляции *гипохлорин*[5*], соединение им открытое и описанное. Из приведенных объяснений второе, по-видимому, более остальных двух приближается к истине.

По мнению *Либиха*[156], появлению углевода предшествует образование ряда кислот в следующем порядке: щавелевая, яблочная, лимонная и виннокаменная. *Мейер*[157] старался подтвердить опытами образование углеводов на свету в Crassulaceae через раскисление органических кислот, преимущественно изомерной яблочной кислоты.

Несколько отличную от *Либиха* и *Мейера* теорию синтеза углеводов посредством постепенного раскисления кислот проводит *Брунер*[158]. Принимая за первый продукт раскисления щавелевую кислоту ($C_2H_2O_4$), он предполагает переход ее в глиоксилевую ($C_2H_2O_3$) и затем в дезоксаловую ($C_6H_8O_9$)[6*]; из последней производит виноградную, а через посредство виноградной — яблочную, фумаровую и янтарную. Образование последних кислот из дезоксаловой он основывает на легкой ее изменяемости, проявляемой в том, что раствор ее даже при осторожном выпаривании распадается на кислоты глиоксилевую и виноградную ($C_6H_8O_9{=}C_2H_2O_3{+}C_4H_6O_6$).

К числу исследователей, предполагающих образование углеводов из альдегида муравейной кислоты, принадлежат *Бейер*, *Краус* и *Рейнке*.

Предположение образования в растении из углекислоты и воды муравейного альдегида и возможности дальнейшего синтеза посредством уплотнения его частицы в первый раз было высказано *Бейером*[159]. Он пришел к этому заключению, основываясь частью на тесной связи синтеза углеводов с разложением углекислоты, частью на открытом *Бутлеровым* превращении оксиметилена ($C_3H_6O_3$)[7*] при кипячении с извест-

---

[155] Ann. agron. 7; 386. (Jahresb. Agric. Chem. 1881, p. 171).
[156] *Liebig D.* Chemie in ihrer Anwendung a. Agricultur u Physiologie.
[157] *Meyer.* Land. Vers. 18, 410 (1875).
[158] *Brunner.* Bull. d. l. Soc. Vaudoise d. Sc. Nat. T. 13; 341. (Just Jahresb. 1875; 831).
[159] *Baeyer.* Ber. d. d. Chem. Ges. 3; 13 (1870).

ковой и баритовой водою в сахаристое вещество — *метиленитан. Бейер* принимает, что на солнечном свете в присутствии хлорофилла углекислота подвергается диссоциации, как и при высокой температуре, на окись углерода и кислород. Кислород выделяется в виде газа, между тем как окись углерода остается, по его мнению, в соединении с хлорофиллом и претерпевает затем возможно простое дальнейшее превращение в альдегид муравейной кислоты — $CO+H_2=COH_2$; последний же превращается под влиянием содержимого клетки в более сложные органические соединения; из соединения шести частиц муравейного альдегида в одну получается, по *Бейеру*, углевод, из соединения трех — глицерин.

Дальнейшее развитие предложенного *Бейером* воззрения принадлежит *Рейнке*[160]; он не только дал несколько иное и, по-видимому, более подходящее к истине разъяснение хода реакций, но и подкрепил свой взгляд рядом интересных, новых фактов. По его представлению, при посредстве света разлагается в зеленых частях растений не ангидрид угольной кислоты (CO_2), а гидрат ее (CH_2O_3), существование которого принимается химиками, несмотря на то что до сих пор никому не удавалось получить его в изолированном состоянии. *Рейнке* производит частицу муравейного альдегида из частицы гидрата угольной кислоты отщеплением O_2. Предполагая присутствие его или ближайших продуктов уплотнения в зеленых частях растений, где происходит разложение углекислоты, он старался выделить их из растений. *Рейнке* подвергнул с этой целью зеленые части растений перегонке с водою, сделав жидкость предварительно среднею[8*] посредством углекислого натрия. Искомые соединения по летучести своей должны были перейти в приемник с первыми порциями перегоняемой жидкости. На получение муравейного альдегида было мало надежды, так как он представляет соединение при обыкновенной температуре газообразное, но представлялось возможным обнаружить присутствие в растении первых продуктов его уплотнения, а также и ближайших к нему альдегидов.

Ожидание это до некоторой степени оправдалось; в большей части случаев получилась в приемнике жидкость, легко раскисляющая реактив Фелинга; обыкновенно только несколько кубических сантиметров жидкости, перешедших в приемник в самом начале перегонки, заключали эти соединения; иногда же, например при перегонке с водою листьев Populus, содержание альдегидов не уменьшалось, по-видимому, до конца перегонки. Наибольшее количество искомых соединений дали листья Populus, Salix и Vitis; с другой стороны, получалось несколько раз чрезвычайно слабое, едва заметное раскисление[9*] дистиллята фелинговой жидкостью. В подтверждение взгляда, что искомые соединения представляют характер альдегидов, *Рейнке* привел еще следующие реакции: 1) они, подобно альдегидам, окрашивали в синевато-красный цвет раствор фуксина, обесцвеченный сернистой кислотой; 2) раскисляли в присутствии аммиака азотнокислое серебро, выделяя на стенках сосуда

---

[160] *Reinke.* Unters. a. d Bot. Laborat. d. Univ. Göttingen. II, p. 187; 1881. (Der Process d. Kohlenstoffassimilation im chlorophyllhaltigen Protoplasma).

серебряное зеркальце. Основываясь на этих трех реакциях, характеризующих альдегиды, а также и на сходной с альдегидами летучести, *Рейнке* полагает, что полученные им при перегонке соединения представляют продукт уплотнения муравейного альдегида или одного из простейших его соединений.

Примечание. В последнее время *Прингсхейм* старался доказать, что первым продуктом ассимиляции следует считать открытый им гипохлорин. (Об этом см. ниже в разделе об источнике поглощаемой растением энергии.)

Синтез маслообразных жирных тел на свету

Выше были уже указаны растения, которые обыкновенно не содержат крахмала в зернах хлорофилла; в некоторых из них роль крахмальных отложений принимают на себя капельки маслообразного вещества. Очень ясно удалось наблюдать это *Бородину* [161] в водоросли Vaucheria sessilis. В ней капли маслообразного вещества частью заключены в зернах хлорофилла, частью между ними, в периферическом слое плазмы; подобно крахмальным зернам, они исчезали в темноте, а на свету вновь образовались и достигали значительных размеров. Капли маслообразного жира доставляли, по-видимому, материал для разрастания Vaucheria; по крайней мере, отрезок нити Vaucheria sessilis продолжал расти в темноте лишь настолько, насколько в нем было отложено жира; с исчезанием последнего прекращался рост отрезка. По наблюдениям *Бородина*, капельки маслообразного вещества появляются и растут внутри зерен хлорофилла, обыкновенно под самою поверхностью зерна; выросшие освобождаются из зерен хлорофилла и располагаются между ними в бесцветной плазме. Весьма характерно, что отсутствие крахмала в зернах хлорофилла свойственно только некоторым видам Vaucheria; по указанию *Вальца* [162], Vaucheria tuberosa A. Br. содержит вместо маслообразного тела крахмал; у Vaucheria sericea Lyngb. он находил отдельные зерна крахмала. По мнению *Бородина*, эти капельки маслообразного жира заменяют в Vaucheria sessilis зерна крахмала.

Напротив того, роль маслообразных капелек в высших растениях (Musa, Strelitzia) осталась до сих пор не выясненною. *Бриози* [163], обративший особенное внимание на растения, не содержащие крахмала в зернах хлорофилла, высказал предположение, что маслообразные капельки имеют состав, близкий к триолеину, и представляют первый продукт ассимиляции. *Голле* [164], а также *Годлевский* [165] доказали, однако, несостоятельность предположения *Бриози*. Изменения, вызываемые в объеме и в составе смеси из воздуха и углекислоты листьями Musa и Strelitzia на свету, оказались совершенно сходными с теми, которые производят остальные растения: 1) объем смеси оставался без перемены

---

[161] *Borodin.* Bot. Zeit. 1878, 497.
[162] *Walz.* Pringsh. Jahrb. 5, 129 (1866).
[163] *Briosi.* Bot. Zeit. 1873, 528.
[164] *Holle.* Flora, 1877, 113.
[165] *Godlevsky.* Flora, 1877, 215.

и 2) взамен поглощенной углекислоты был выделен равный объем кислорода. Принимая, согласно предположению *Бриози*, триолеин за первый продукт ассимиляции, следовало ожидать увеличения объема смеси газов приблизительно в $1^1/_2$ раза, как видно из следующего уравнения:

$$57\ CO_2+52\ H_2O=C_3H_5O_3\ (C_{18}H_{33}O)_3+80\ O_2.$$

На 57 объемов углекислоты должно было выделиться 80 объемов кислорода, т. е. приблизительно на 40% больше против объема поглощенной углекислоты. Между тем *Голле*, а также *Годлевский* показали, что листья Musa и Strelitzia выделяют на свету объем кислорода, приблизительно равный поглощенной углекислоте, так что объем газовой смеси в продолжение опыта остается неизменным.

Голле и *Годлевский* убедились в этом посредством целого ряда весьма точных измерений объема смеси газов в начале и в конце опыта. *Голле*, кроме того, показал, что в листьях этих растений на свету взамен крахмала появляется глюкоза. По мнению *Голле*, жир образуется из глюкозы, причем избыток кислорода не выделяется в свободном состоянии, но идет на построение на счет глюкозы соединения из группы дубильных веществ, более богатого кислородом, чем глюкоза. Найти крахмал в листьях этих растений ему, как и *Бриози*, не удавалось.

Годлевский не только вполне подтвердил показание *Голле* относительно того, что объем смеси из воздуха и углекислоты, заключенный в трубке с листьями Musa и Strelitzia, остается без перемены, но и вызвал образование зерен крахмала в отрезках листьев Musa sapientium, M. discolor, M. zebrina, M. Daca и Strelitzia Reginae, продержав их несколько часов на солнце в смеси воздуха с 6—8% углекислоты; даже в растениях, оставленных в воздухе, но освещенных непосредственно солнцем, он находил зерна крахмала. *Годлевский* старается объяснить отрицательный результат *Бриози* частью выбором для наблюдений неблагоприятного времени года, частью старым возрастом листьев, исследованных *Бриози* на крахмал. Появление крахмала вместе с равенством объемов разлагаемой углекислоты и выделяемого кислорода *Годлевский* приводит в доказательство того, что вышеназванные растения, подобно остальным, образуют из углекислоты и воды углеводы и что появляющиеся капли маслообразного жирного вещества представляют экскрет, т. е. соединение, непригодное для питания растения. Последнее подтверждает и *Голле*, указывая на неизменяемость капелек жира в растениях, оставленных в темноте; в растениях, пробывших в темноте около десяти дней, не обнаружилось заметной убыли в содержании капелек жира, чего не могло быть, если бы, подобно крахмалу, они представляли продукт ассимиляции, предназначенный для построения тканей растений.

Примечание. По свидетельству *Февра*[166], содержание млечного сока в проростках Tragopogon porrifolius обусловливается светом. Количество млечного сока постоянно убывало при прорастании в темноте; под влиянием света содержание его увеличивалось, так что условия образования и исчезания млечного сока и крахмала оказались тождественными.

[166] *Faivre*. C. R. 88, 269 и 369 (1879).

Образование и разрушение хлорофилла и некоторых других пигментов в зависимости от света

Объект, наиболее удобный для наблюдений над зеленением, представляют прорастающие растеньица кресса, гороха, бобов и различных злаков. *Декандоль* уже заметил, что зеленение проявляется с большей или меньшей быстротой, смотря по напряженности света, и ему уже было известно, что зеленение происходит всего быстрее в свете рассеянном, т. е. умеренной или средней напряженности. *Сакс*[167] подтвердил наблюдения *Декандоля,* но дал им другое толкование. Он нашел, что если непосредственно осветить солнцем два горшка с семенами, проросшими в темноте, и один из них прикрыть, надвинув на горшок колпачок из нескольких листов бумаги, то под бумагой растеньица позеленеют быстрее, чем в открытом горшке.

Подобную разницу в скорости зеленения *Саксу* удалось вызвать на различных местах листа маиса, проросшего в темноте. Он затенял местами лист свинцовою пластинкою, которую обертывал вокруг листа в виде пояса; смотря по тому, насколько плотно была к листу прижата пластинка, получался различный результат. При совершенном устранении света посредством плотного прикладывания пластинки в прикрытой части зеленения не происходило вовсе. Если же между пластинкой и поверхностью листа оставался небольшой промежуток, то затененная часть по выставлении листа на непосредственный солнечный свет оказывалась уже зеленою в то время, когда остальная, открытая поверхность оставалась еще совершенно белою. Более быстрое зеленение под колпаком бумаги и неплотно прижатою свинцовою пластинкою *Сакс* объяснял более возвышенной температурой прикрытых растеньиц.

Толкование *Сакса* оказалось в данном случае ошибочным. Я нашел, что растеньица, проросшие в темноте и выставленные на солнечный свет, зеленели[168] быстрее при затенении вертикально повешенным листом бумаги; в горшке, непосредственно освещенном солнцем, все растеньица оставались еще белыми, в то время как за листом бумаги они принимали уже зеленую окраску. Подобный результат получился при местном затенении этиолированного листа маиса посредством двойного экрана, не допускающего возможности нагревания. Затененное место позеленело в то время, как остальная поверхность листа по-прежнему оставалось белою. Эти наблюдения, следовательно, подтвердили выводы *Декандоля.*

Более быстрое зеленение на свету средней напряженности может быть объяснено двояким образом: или тем, что свет средней напряженности наиболее благоприятен для образования хлорофилла, или же, согласно предположению *Виснера*[169] (см. ниже), тем, что во время зе-

[167] *Sachs.* Handb. d. Experimentalphysiol. 1865, p. 11.
[168] *Famintzin.* Mel. biolog. de l'Acad. d. St. Petersbourg. T. 6, 94 (1868).
[169] *Wiesner.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. B. 69; Abth. 1, p. 327 (1874).
Wiesner. Entstehung d. Chlorophylls i. d. Pflanzen. (1877).

ленения в растении одновременно проявляются под влиянием света образование и разрушение хлорофилла. Придерживаясь второго воззрения, необходимо рассматривать появляющийся хлорофилл как выражение перевеса процесса его образования над разрушением, а отсутствие зеленения при свете большой напряженности считать признаком если не преобладания, то по крайней мере равенства процесса разрушения хлорофилла с образовательным. Не предрешая за недостатком точных фактических данных толкования вышеописанных опытов, я полагаю наиболее пригодным выразить полученный результат следующим образом: рассеянный (средней напряженности) *свет наиболее содействует накоплению хлорофилла* в растениях; при выражении имеющихся опытных данных таким образом вопрос не предрешается произвольно и в выражение результата не вносится ничего субъективного.

Весьма любопытные наблюдения над зеленением растений произвел *Виснер*: заставляя прорастать семена на смоченной водою бумаге на дне больших глиняных горшков, он нашел, что зеленение обнаруживалось при очень слабом свете; оно происходило заметным образом в горшках, прикрытых 16 листами бумаги, и прекращалось только под 29—30 листами.

В исследование вопроса о влиянии света на зеленение *Виснер* ввел большое усовершенствование тем, что вместо изменчивого дневного света он употребил газовую горелку с регулятором, который поддерживал в пламени одинаковую напряженность света, независимо от изменений в давлении притекающего газа. Пламя равнялось 6,5 спермацетовым свечам [170] и горело под давлением столба воды в 13,5 мм. Свет этот оказался вполне достаточным, чтобы произвести зеленение растений в сравнительно короткое время. При 17,5—18,5° C на расстоянии 1,5 м от пламени этиолированные проростки образовали хлорофилл в несколько минут. Первые следы хлорофилла появились:

В этиолированных проростках	
овса через	5 мин
ячменя »	10 »
маиса »	20 »
кресса (в семядолях) »	25 »
редьки » »	25 »
гороха (в первичных листочках) »	25 »
тыквы (в семядолях) »	35 »

Растеньица не обнаруживали, однако, еще заметной зеленой окраски; для открытия хлорофилла *Виснер* воспользовался спектроскопическим анализом спиртовой вытяжки. В вытяжке, на глаз совершенно бесцветной, присутствие хлорофилла сказывалось появлением полосы поглощения между линиями *B* и *C* [171].

---

[170] *Wiesner*. L. c., p. 44.
[171] *Wiesner*. L. c., p. 84.

Из остальных результатов заслуживают особенного внимания еще следующие: 1) образование хлорофилла в темноте вследствие непродолжительного освещения солнцем; 2) значительное зеленение в темных тепловых лучах растений, предварительно подвергнутых действию света в продолжение нескольких только минут; этот результат тем замечателен, что эти лучи сами по себе не способны вызвать и следа зеленой окраски; 3) зависимость быстроты зеленения в белом и окрашенном свете от напряженности света; смотря по напряженности, получалось более интенсивное зеленение то в белом, то в синем или желтом свете; при средней определенной напряженности наблюдалось во всех трех аппаратах зеленение приблизительно одинаковое.

Образование хлорофилла в темноте после непродолжительного освещения солнцем *Виснер* обнаружил через сравнение полос поглощения спиртовой вытяжки хлорофилла из 500—600 этиолированных проростков ячменя, подвергнутых действию света от 3—5 мин; часть проростков немедленно была исследована на хлорофилл, другие же после освещения оставались в темноте в продолжение нескольких часов. Более ясная полоса поглощения между *B* и *C* вытяжки из последних растений, несомненно, свидетельствовала об образовании в темноте хлорофилла, хотя и в минимальном количестве [172]. *Виснер* объясняет образование в данном случае хлорофилла в темноте фотохимическою индукцией, открытой *Бунзеном* и *Роске* при действии света на смесь хлора и водорода [173].

Виснер нашел, что в темных тепловых лучах этиолированные проростки не образуют и следа хлорофилла. Для уединения темных тепловых лучей от остальных свет солнечный или газового рожка пропускался через раствор йода в сернистом углероде. За этою жидкостью проростки оставались совершенно белыми в продолжение нескольких суток [174]. Растеньица же, предоставленные действию света столь короткое время, что на глаз не было заметно зеленения, принимали в темных тепловых лучах заметную зеленую окраску. Результат этот выступал особенно ясно при сравнении окраски этиолированных проростков (маиса, ячменя, тыквы), из которых некоторые были перенесены непосредственно за раствор йода в сернистом углероде, между тем как другие были оставлены предварительно в продолжение одного или двух часов на столь слабом свете, что не обнаруживали и следа зеленой окраски. При этом образовалось вследствие фотохимической индукции количество хлорофилла гораздо большее, чем в темноте. Разница была столь значительна, что была заметна без спектроскопического исследования; растеньица с хлорофиллом, образованным через фотохимическую индукцию в темноте, заключали его столь мало, что представлялись бесцветными, между тем как в темных тепловых лучах они явственно окрашивались в зеленый цвет [175].

[172] Ib., p. 88.
[173] Ib., p. 87.
[174] *Wiesner*. L. c., p. 48.
[175] Ib., p. 49.

Зеленение под влиянием темных тепловых лучей можно приравнять, по *Виснеру,* действию «rayons continuateurs» *Бекереля.* Последний заметил, что дагерротипная пластинка, окрашивающаяся в спектре только в голубых, фиолетовых и ультрафиолетовых лучах, обнаруживает отпечаток остальных лучей световой части спектра, если предварительно подвергнуть ее действию слабого белого света. В данном случае лучи света, не действующие на пластинку, перенесенную в спектр из темноты, оставляют на ней след, как бы продолжая действие так называемых химических лучей, почему *Бекерель* и назвал их продолжающими лучами. Подобной же реакцией темных тепловых лучей объясняется причиняемое ими зеленение [176]. Сходное действие *Виснер* приписывает отчасти и ультрафиолетовым лучам, за которыми, однако, в то же время признает непосредственное, хотя и слабое, влияние на образование хлорофилла [177]. По *Виснеру,* все световые лучи между *B* и *H* вызывают зеленение.

Любопытное дополнение к результату *Виснера* представляет работа *Микоша* и *Штера* [178] над образованием хлорофилла под влиянием света, перемежающегося с темнотой. Они нашли, что этиолированные проростки ячменя и овса при непрерывном освещении в продолжение 2 мин не обнаружили и следа зеленения, между тем как при перемежающемся освещении и затенении на 1 с через 5 мин в растениях удалось открыть присутствие хлорофилла, несмотря на то что в последнем случае они подвергались действию света тоже 2,5 мин. К сожалению, не во всех опытах [179] получился столь резкий результат.

Несмотря на это, *Микош* и *Штер* пришли к следующим заключениям:

1) образование хлорофилла обусловливается фотохимической индукцией и

2) подобно гелиотропическим изгибам, при постоянном освещении производится только частью света, получаемого растением, так как если подвергать растеньице попеременному действию света и темноты, то эффект получается одинаковый при менее продолжительном освещении.

Интересные результаты дали *Виснеру* сравнительные опыты над зеленением в белом свете и цветных лучах по возможности одинаковой напряженности. При очень слабом свете у задней стены комнаты зеленение всего быстрее сказывалось в белом свете, а затем в желтых и других смежных с ними лучах; всего позже в синем свете. На рассеянном растеньица зеленели почти одинаково быстро в белом и цветном свете; при непосредственном же освещении солнцем получился результат, диаметрально противуположный тому, который замечался в очень слабом свете: зеленение проявлялось всего скорее в синем свете, позже в красном, затем в зеленом, еще позже в желтом и, наконец, в белом.

---

[176] Ib., p. 50.
[177] Ib., p. 61.
[178] *Mikosch u. Stöhr.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. 82, 269 (1880).
[179] *Wiesner.* L. c. p. 50.

Прилагаемые таблички наглядно поясняют результаты *Визнера*.

Этиолированный горох

Начало зеленения обнаружилось:

	На ярком солнечном свете Температура 22—24° C	На рассеянном Температура 15—17° C	В полутени Температура 15—18° C
В белом свете	через $4^1/_3$ часа	через 3 часа	через 4 часа
» желтом »	» 3	» $3^1/_4$	» $4^1/_4$
» зеленом »	» 3	» 3	» $4^1/_2$
» красном »	» $3^1/_2$	» $3^1/_4$	» $4^3/_4$
» синем »	» 2	» 3	» $5^1/_2$

Этиолированный ячмень

Начало зеленения проявилось

	На ярком солнечном свете Температура 22—23° C	На рассеянном Температура 22—24° C	В полутени Температура 21—23° C
В белом свете	через 3 часа	через $3^1/_2$ часа	через $3^1/_2$ часа
» желтом »	» $2^1/_2$	» 4	» $4^3/_4$
» синем »	» 1	» $4^3/_4$	» 6

Экранами для света служили пять жидкостей: для *белого* света — вода с мутью щавелевокислого кальция, для *красного* — раствор аскорцеина, для *желтого* — раствор двухромовокалиевой соли, для *синего* — раствор сернокислой меди в аммиаке; кроме того, раствор хлорофилла — с пятью полосами поглощения в спектре. Все жидкости были приготовлены такой концентрации, чтобы проходящий через них свет был по возможности одинаковой напряженности. Для этого *Виснер* разбавлял каждую из них настолько, чтобы при толщине слоя жидкости в 2 см едва просвечивал карниз дома противоположной стороны улицы. Спектроскопическое исследование показало, что при толщине слоя в 2 см

через жидкость белого цвета (со щавелевокислым кальцием) проходили все лучи спектра;

через раствор двухромовокалиевой соли проходили лучи *B* до *E*;

через раствор сернокислой меди — лучи от *E* до *H* и следы красных лучей;

через раствор аскорцеина — лучи от *B* до *C*.

Виснер[180] делает два предположения для объяснения вышеизложенных результатов: 1) образование хлорофилла в растениях происходит в одинаковой мере при свете всякой напряженности и 2) одновременно с образованием хлорофилла может проявляться в тех же самых зернах разрушение его; последнее, однако, происходит, по мнению *Виснера*, только при свете значительной напряженности. Из этих предположений первое совершенно произвольно; второе основано главным образом на обес-

[180] *Wiesner*. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 69, 28 (1874).

цвечении, вызываемом светом в спиртовом растворе хлорофилла (см. ниже), и на разрушении хлорофилла под влиянием света большой напряженности в живых клетках растений. Хотя возможность разрушения хлорофилла светом в живой клетке, как мы сейчас увидим, не может подлежать сомнению, тем не менее остается недоказанным предположение *Виснера* касательно одновременного разрушения и образования хлорофилла в одних и тех же зернах хлорофилла.

В такой же непосредственной зависимости от света оказалось образование хлорофилла во внутренних частях растений, кажущихся на первый взгляд изъятыми от влияния света. *Сакс* непосредственными опытами, однако, убедился, что и во внутренних тканях образование хлорофилла происходит под влиянием света. Ему не только удалось показать, что свет проникает в растения на глубину гораздо большую, чем прежде предполагали, но и определить, из каких составлен он элементарных лучей. Для этой цели послужил прибор, названный им диафаноскопом. Прибор этот составлен из двух картонных трубок, плотно входящих одна в другую; отверстие их равно приблизительно глазной орбите. Один конец приставляется к глазу; на противуположном каждая трубка снабжена донышком с вырезкою посередине. Исследуемая часть растения защемляется между донышками. Свет, прошедший через один лист, представляет зеленую окраску; с толщиной объекта меняется окраска света, особенно рельефно при исследовании зеленых частей растений. Так, например:

через 3 сложенных листа вишни проходил свет интенсивно зеленый;
через 4 листа вишни — свет слабый, красновато-бурый;
через 5 листьев Polygonum Fagopyrum проникал свет светло-зеленый;
через 8 листьев Polygonum Fagopyrum — кроваво-красный.

Поместив внутри трубки призму со щелью, *Сакс* произвел спектроскопическое исследование света, пропускаемого различными частями растений, и старался определить, в какой мере поглощаются лучи различной преломляемости и окраски. Для расследования поглощения ультрафиолетовых лучей он воспользовался флуоресценцией сернокислого хинина, который превращает ультрафиолетовые лучи в синие и светится синим светом. Раствор сернокислого хинина, подкисленный серною кислотою, помещался в небольшой стеклянный цилиндр, обернутый по всей боковой поверхности черною бумагой или непрозрачным картоном, в котором лишь с одной стороны оставлено было небольшое отверстие в нижней части цилиндра. Если повернуть цилиндр боковым отверстием в бумаге к свету и смотреть на жидкость сверху, то она представляется превосходно-голубого цвета; голубой цвет ее обусловливается присутствием ультрафиолетовых лучей в свете, проникающем через боковое отверстие в раствор сернокислого хинина. Если же на пути лучей поставить экран, поглощающий ультрафиолетовые лучи, то жидкость будет казаться бесцветною. На этом основании легко исследовать, насколько поглощаются ультрафиолетовые лучи различными частями растений; исследуемую часть растений приставляют к вырезке картона; степень поглощения их тотчас же скажется в изменении окраски раствора сернокислого хинина.

Из совокупности опытов, произведенных с помощью диафаноскопа, снабженного призмою, а равно и раствора сернокислого хинина, *Сакс* пришел к следующему выводу: элементарные лучи солнечного спектра поглощаются тканями растений в весьма различной степени, всего сильнее ультрафиолетовые лучи; они задерживались сполна самыми поверхностными слоями тканей; несколько глубже проникали фиолетовые, голубые и желтые, всего глубже красные и частью зеленые.

Наглядным примером могут служить следующие наблюдения над поглощением света бесцветною тканью клубня картофеля:

кожица пропускала всю световую часть спектра, но задерживала бо́льшую часть ультрафиолетовых лучей, так как раствор сернокислого хинина обнаружил лишь слабую флуоресценцию;

за ломтиком паренхимы в 1 мм получились все цвета спектра; раствор сернокислого хинина обнаруживал еще сильную флуоресценцию;

за ломтиком паренхимы в 7 мм получились все цвета спектра; флуоресценции в растворе сернокислого хинина вовсе уже не обнаруживалось;

за ломтиком паренхимы в 10 мм виднелись лучи от красных до синих;

за ломтиком паренхимы в 32 мм виднелись лучи от красного до зеленого.

Сакс мог показать этим способом проникание света до зеленеющего места во всех тканях, где внутри растения происходит зеленение, например в зародышах Acer, Raphanus, Astragalus, Celtis. *Бем*[181] подтвердил выводы *Сакса*; при устранении света зародыши этих растений получались совершенно бесцветными.

При этих исследованиях обнаружились, однако, также случаи зеленения в отсутствие света. *Сакс*[182] показал, что при проращивании семян в темноте проростки некоторых хвойных получаются зелеными, в то время как все остальные остаются бесцветными.

Примечание. Исключение из хвойных составляют проростки Larix Europaea; по наблюдениям *Виснера*[183], они, подобно остальным растениям, не образуют хлорофилла в темноте.

Второй случай зеленения в темноте, также указанный *Саксом*, представляют молодые вайи папоротников.

Сюда же относится показание *Флаго*[184] относительно зеленения в темноте листьев луковиц Crocus vernus и Allium Cepa. У первого растения зеленели только кончики листьев, у последнего же вырастали в темноте листья в 3—5 см длины темно-зеленого цвета; клетки их были настолько переполнены в периферическом слое плазмы зернами хлорофилла, что последние принимали от взаимного давления многоугольный контур.

---

[181] *Boehm.* Sitzungsb. d. Wien. Akad. 37, 455 (1859).
[182] *Sachs.* Flora, 1864, 505.
[183] *Wiesner.* Die Entstehung d. Chlorophylls. P. 117 (1877).
[184] *Flahaut.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 6, 175 (1880).

Примечание. Краус[185] утверждал, что удается вызвать в темноте образование хлорофилла в растениях двояким образом: 1) заставляя прорастать семена в небольшом замкнутом сосуде; растения, по его наблюдениям, зеленели в местах, где разрастающиеся части растений упирались в стенку и образовали загиб; 2) при прорастании в парах метилового спирта. Ни одно из этих указаний *Крауса,* однако, не подтвердилось; по крайней мере *Штер*[186], повторявший опыты *Крауса,* не получил и следа образования хлорофилла в этих условиях.

Немногое известное о разрушении хлорофилла в живой клетке сводится к следующему: первые указапия на изменение окраски живых клеток сделаны *Молем*[187]; он наблюдал, что листья Pinus, Abies, Taxus, Thuja, Juniperus принимают зимою грязно-желтый или бурый цвет, который, однако, при наступлении весны опять заменяется нормальной зеленой окраской. *Аскенази*[188] подтвердил эти наблюдения над Thuja и высказал предположение, что бурение листьев Thuja вызывается светом.

Совершенно подобное же изменение в цвете наблюдал *Краус* в листьях Buxus arborescens, Thuja occidentalis, Thuja plicata и Juniperus sabina. При этом бурая окраска замечалась только на паружной стороне листьев и только на тех, которые оставались неприкрытыми. Исследование микроскопом побуревших листьев обнаружило в столбчатой паренхиме полную дезорганизацию зерен хлорофилла. Предполагая, что разрушение хлорофилла и бурая окраска были вызваны морозом, т. е. особенно сильным лучеиспусканием незащищенных частей растения, *Краус*[189] надеялся вызвать вновь появление хлорофилла при посредстве комнатной температуры. Опыты оправдали его надежды: побуревшие листья Buxus зеленели в комнате через несколько (от 3 до 8) дней, листья Thuja — через 2 или 3 недели. *Краус*[190] при этом утверждает, что зеленение шло одинаково успешно на свету и в темноте. Последнее показание требует проверки, так как, по опытам *Габерландта*[191], зеленение проявляется не иначе как в теплой, но в то же время и светлой комнате.

Одновременно почти со второй заметкой *Крауса* появилась статья *Баталина. Баталин* описал разрушение светом хлорофилла у целого ряда хвойных растений, также у Saxifraga sormentosa, Cerastium triviale и Equisetum arvense. Из длинного списка перечисленных хвойных наиболее пригодным для этого рода наблюдений *Баталин* нашел Chamaecyparis obtusa S. Z. var. congesta. Ветви, непосредственно освещаемые солнцем, имели цвет золотисто-желтый и представляли резкий коптраст по окраске с ярко-зелеными, затененными ветвями внутренней части дерева. Нередко удавалось наблюдать различную окраску в смежных клетках на границе затененной и освещенной частей ветки. Микроскопическое расследование золотисто-желтых ветвей обнаружило в клетке зерна плаз-

[185] *Kraus.* Flora, 1875, 346; его же в Land. Vers. 21, 415 (1877).
[186] *Stöhr.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. 79, 111 (1879).
[187] *Mohl.* Vermischte Schriften, p. 375.
[188] *Askenasy.* Bot. Zeit. 1867, p. 229.
[189] *Kraus.* Bot. Zeit. 1872, p. 109; его же: Bot. Zeit. 1874, p. 406.
[190] *Kraus.* Bot. Zeit., 1872, p. 128.
[191] *Haberlandt.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. 1876. Aprilheft.

мы, совершенно сходные с зернами хлорофилла, но отличающиеся от них золотисто-желтым цветом. При затенении пожелтевшие ветви делались через несколько дней зелеными. В данном случае, следовательно, разрушение хлорофилла светом не подлежало сомнению. По мнению *Баталина*[192], разрушение зерен хлорофилла, предшествующее появлению бурой окраски, тоже вызывается светом; по крайней мере ветви Thuja occidentalis, оставшиеся зелеными, не бурели, если зимою, не отрывая от растения, выставляли их кнаружи. Они сохраняли не только зеленый цвет, но и зерна хлорофилла. К согласному результату пришел *Габерландт* в вышеупомянутой работе. Разрушение хлорофилла он также приписывает свету и утверждает, что оно происходит до наступления морозов; образование же бурого пигмента вызывается, по его мнению, морозом.

По исследованиям *Сакса*, все остальные пигменты, кроме хлорофилла, не требуют света для своего образования. Мы видели, что ему удалось выращивать в темноте из луковиц цветы, в большинстве случаев сходные с нормальными не только по форме и размерам, но и по окраске; бесцветными оставались только места, окрашенные при нормальных условиях в зеленый цвет. У целого ряда других растений получился подобный результат, если листья со стеблем оставлены были на свету, а только цветочные почки заключены в темный приемник.

Только в немногих исключительных случаях образование красного и некоторых других пигментов оказалось обусловленным светом. Всего яснее сказалось влияние света по отношению к красному пигменту; так, например, в подсемядольном колене проростков Polygonum tataricum, P. Fagopyrum, P. convolvulus, Rumex acetosella, Rheum undulatum, Celosia coccinea, Beta vulgaris и др., в корнях некоторых ив (Salix viminalis, S. Forbyana Son, S. alba и др.) и в кожице яблок. Зависимость от света красной окраски подсемядольного колена гречихи была доказана *Веретениковым*[193] посредством приема, сходного с употребленным *Саксом* при изучении зеленения под влиянием света. *Веретеников* обвертывал местами подсемядольные колена проросших в темноте растеньиц свинцовою пластинкою, плотно прижимая ее к растению. На свету подсемядольное колено краснело по всему протяжению, выше и ниже обвернутого места; затененное же пластинкой место оставалось белым, без следа красной окраски.

Результаты *Веретеникова* были подтверждены *Шеллем*[194] и *Баталиным*[195]. *Шелль*, кроме того, показал зависимость от света красной окраски корней вышеназванных ив; только в местах, непосредственно освещенных, появился красный пигмент.

---

[192] *Batalin*. Bot. Zeit. 1874, p. 433.
[193] *Веретеников*. Труды Петербургского общества естествоиспытателей. 1870, с. 37.
[194] *Шелль*. Влияние некоторых деятелей на окрашивание растений См.: Приложение к протоколам 75-го заседания Общества естествоиспытателей при Казанском университете 15-го апр. 1876 г. и 99-го заседания в 1877 г.
[195] *Batalin*. Die Einwirkung d. Lichtes a. d. Bildung d. rothen Pigmentes. 1879. (Отдельный оттиск из Acta horti petropolitani, 1879, № 6).

Баталин указал на зависимость образования красного пигмента на свете от возраста исследуемой части проростка; старые части совсем почти не краснели на свету.

Кроме того, он нашел, что для образования красного пигмента нет необходимости оставлять растения продолжительное время на свету. Первые признаки окраски в красный цвет замечаются не раньше как после 10-часового освещения растеньиц; между тем оказалось, что растеньица, оставляемые на солнце всего часа четыре и перенесенные в темноту еще совершенно бесцветными, окрашивались за ночь в интенсивный красный цвет. Образование красного пигмента в темноте, вызванное предварительным 4-часовым освещением, *Баталин* старается объяснить предположением, что свет обусловливает появление в растеньице не самого пигмента, а только бесцветного *хромогена*; из последнего же происходит пигмент уже без содействия света. Образование красного пигмента, являющееся здесь следствием предварительного освещения, представляется вполне аналогичным показанию *Виснера* относительно зеленения растений в темноте после кратковременного пребывания на свету.

О влиянии света на красную окраску персиков, груш, яблок и других плодов имеются указания *Аскензи*[196]; по его наблюдениям, они окрашиваются в красный цвет только на стороне, непосредственно освещенной солнцем; затененные плоды лишены красной окраски.

Подобную же зависимость от света, только в меньшей степени, представляют, по наблюдениям *Аскенази*, нередко и другие пигменты. Повторяя опыты *Сакса* над окраской цветов, выращенных в темноте, он нашел в некоторых из них окраску весьма бледную сравнительно с цветами, выросшими на свету. Так, например, разновидность Silene pendula с красными цветами дала в темноте цветы бледно-красные и белые. Особенно поразительная разница в окраске оказалась в цветах Prunella grandiflora; на свету получалась окраска темно-фиолетовая, в темноте — совершенно белая, иногда с бледными голубым пятном у основания верхней губы. Подобные примеры, которых в статье Аскенази[197] довольно много, несомненно свидетельствуют, что в некоторых случаях светом вызывается появление весьма различных пигментов, кроме зеленого. Наконец, *Ельфинг*[198] показал образование под влиянием света этиолина (ксантофилла?). Он обнаружил это, выставляя на свет этиолированные проростки и листья при низкой температуре, не допускающей образования зеленого пигмента (хлорофиллина). Подвергнутые действию света при этих условиях растения оказывались по прошествии нескольких часов освещения гораздо интенсивнее окрашенными в желтый цвет, чем контрольные растения, оставленные в темноте.

---

[196] *Askenasy*. Bot. Zeit. 1875, p. 498.
[197] *Askenasy*. Bot. Zeit. 1876, 1.
[198] *Elfving*. Arbeit d. bot. Instituts z. Würzburd. B. 2, p. 495 (1879).

Попытки заменить углекислоту в питании хлорофиллоносных растений другими источниками углерода

В заключение изложения ассимиляции углерода листьями я приведу попытки замены углекислоты в питании хлорофиллоносных растений другими источниками углерода.

Дрепер[199] пытался заменить углекислоту углекислыми и двууглекислыми солями щелочей. Он утверждает, что ему не только удалось вызвать разложение листьями на свету двууглекислого натрия и углеаммиачной соли, но и углекислой соли натрия. Показания эти, однако, не подтвердились; *Гришов*[200], повторяя опыты *Дрепера*, получил отрицательный результат.

В означенном направлении были произведены исследования *Бусенго*[201]. Он выставлял на солнечный свет листья Prunus Laurocerasus в смеси окиси углерода и водорода; при этом вовсе не выделялось кислорода, что ясно свидетельствовало о невозможности заменить углекислоту окисью углерода. С целью расследовать этот вопрос произвел *Штуцер*[202] следующие опыты: проростки Brassica и Trifolium, погруженные корнями в смесь неорганических солей, были введены в замкнутый аппарат, наполняемый окисью углерода. Окись углерода по 2 раза в сутки заменялась новою. Растеньица, выставленные на свет, оставались живыми в продолжение 30—40 дней, но не образовали новых листьев. Совершенно сходный результат получился в смеси предварительно очищенного от углекислоты воздуха и 3—4 частей окиси углерода, также и в смеси водорода с окисью углерода. Окись углерода оказалась неспособною заменить углекислоту. К этому же результату пришел *Юст*[203].

Во второй работе *Штуцер*[204] пытался заменить углекислоту различными органическими соединениями, которые примешивал к пемзе, смоченной раствором минеральных солей; в этих опытах он имел в виду ввести углерод в растение при посредстве корней; но и в этом случае определенного результата не получилось. Цель *Штуцера* заключалась в том, чтобы выяснить: существует ли соотношение между химическим строением определенных органических соединений и физиологическим значением их для растения? Бо́льшая часть опытов *Штуцера* относится к питанию грибов, и сравнительно немногие произведены над хлорофиллоносными растениями. Здесь я изложу только последние; подробнее о работе *Штуцера* сообщено будет ниже, в разделе о синтезе органических соединений в растениях, лишенных хлорофилла.

По отношению к хлорофиллоносным растениям он исследовал: не могут ли они образовать при содействии света углеводы из щавелевой или

---

199 *Draper.* Ann. d. Chim. Phys. 3, t. 11, 222 (1844).
200 *Crischow.* Journ. f. pract. Chem. 34, 169 (1845).
201 *Boussingault.* Agron. Chim. agric. et Physiol. T. 4, 297 (1868).
202 *Stutzer.* Ber. d. d. chem. Ges. 9, 1570 (1876).
203 *Just.* Wollny Forschungen. a. d. Gebiete d. Agric. Chem. 5, 60 (1882).
204 *Stutzer.* Land. Vers. 21, 7, 85 (1877).

виннокаменной кислоты? Для этой цели *Штуцер* выращивал семена Brassica rapa в дистиллированной воде; когда они достигали желаемых размеров, он пересаживал их в пемзу, смоченную раствором минеральных солей, и прибавлял к почве небольшие количества кислоты щавелевой, виннокаменной или одной из их солей. Растеньица с почвою помещались затем в замкнутый приемник и выставлялись на свет.

Наилучшие результаты получились от примешивании к почве кальциевых солей этих кислот. Выросшие в замкнутой атмосфере растеньица обнаружили заметный прирост в весе твердого вещества. Прирост этот, несомненно, обусловливался присутствием в почве щавелево- или виннокаменнокислого кальция. Значительную прибыль в весе обнаружили в сходных условиях пересаженные в эту почву более развитые растения: Poa annua, Capsella Bursa Pastoris и Stellaria media. Кроме того, Elodea canadensis, оставленная в воде, лишенной углекислоты, но содержавшей небольшое количество (0,52 г на литр) щавелевой кислоты или кислого щавелевокислого калия (0,25—0,50 г на литр воды), выделяла на солнце пузырьки газа, в котором оказался объем кислорода, равный приблизительно объему взятого для опыта растения.

На основании этих опытов *Штуцер* заключил, что хлорофиллоносные растения могут ассимилировать углерод из щавелевой и виннокаменной кислот, разлагая их с выделением кислорода. Оставалось, по его мнению, только решить, превращаются ли вышеназванные кислоты непосредственно в углеводы, или же последние образуются из углекислоты, выделяемой при разложении кислот выращиваемыми растениями. Для разрешения этого вопроса были устроены опыты, подобные предыдущим, с тою только разницею, что в некоторые аппараты был введен стаканчик с крепким раствором едкого натра. В аппаратах со щавелевокислым кальцием без раствора натра получился, как и следовало ожидать, гораздо больший прирост органического вещества, чем в аппаратах с натром; в последних обнаружилась едва заметная прибыль сухого вещества. Объясняя различие в развитии растений присутствием углекислоты в одном случае и отсутствием ее в другом, *Штуцер* вывел заключение, что щавелевая кислота не служит непосредственным источником синтеза углеводов из углекислоты и воды.

Несколько иной результат дали опыты с виннокаменнокислым кальцием: в присутствии едкого натра получился заметный прирост твердого вещества (от 66—69%), хотя и менее значительный, чем без него (133—150%). По мнению *Штуцера*, в обоих аппаратах были усвоены растениями количества винокаменной кислоты приблизительно одинаковые; разницу же в приросте органического вещества он объясняет тем, что в присутствии натра растениями были усвоены только алкогольные группы (CHOH) виннокаменной кислоты, в отсутствие же его, кроме того, и карбоксильные группы (COOH). Алкогольные группы в обеих случаях, по *Штуцеру*, непосредственно идут на построение органических соединений, карбоксильные служат той же цели только после предварительного окисления в углекислоту и воду. Эти опыты *Штуцера* нельзя, однако, считать доказательными, так как они допускают совершенно иное толко-

вание. *Шмёгер*[205] показал, что разложение щавелевой и виннокаменной кислот в почве обусловливалось не выращиваемыми растениями, как это предполагает *Штуцер*, а простейшими организмами, неизбежно развивающимися в почве, содержащей органические соединения. Материалом для синтеза органических соединений выращиваемых растений служила поэтому углекислота, образованная посторонними организмами; появление ее в аппаратах *Штуцера* не имело, следовательно, ничего общего с разложением выращиваемыми растениями органических кислот, введенных в почву. Развитием в почве простейших организмов совершенно естественно объясняется различие в приросте органического вещества в опытах с щавелевой и виннокаменною кислотами. Разложение первой из них, несомненно, происходило медленнее, вследствие чего и прирост органического вещества в отсутствие натра получился меньший, чем в опытах с виннокаменною кислотою; этим же объясняется, почему в присутствии натра не получилось почти прибыли твердого вещества растений в аппаратах с щавелевокальциевой солью. Вся углекислота немедленно поглощалась едким натром; в соответствующих опытах с виннокаменною кислотою присутствие раствора натра не было в состоянии устранять с достаточною быстротою большее количество образуемой углекислоты: растения успевали разлагать некоторое ее количество и произвести заметный прирост органического вещества. *Шмёгер* указывает на необходимость разъединения при подобных исследованиях корней от надземной части растений.

В целом ряде статей *Мейер*[206] старался доказать, что выделение кислорода на свету зелеными частями растений может происходить не только на счет углекислоты, но и некоторых органических кислот, заключенных в тканях растений. Исходною точкою послужило давно сделанное *Лангребе*[207] наблюдение, что мясистые листья некоторых Crassulaceae (Crassula arborescens, Bryophyllum calycinum и др.) содержат утром сок кислый, вечером средний или даже слегка щелочной. *Мейер* проверил эти наблюдения, вполне подтвердил их и поставил себе целью расследовать, не находится ли исчезание кислой реакции сока листьев на свету в связи с выделением кислорода и не происходят ли углеводы в данном случае через раскисление заключенных в листьях кислот. На основании своих опытов *Мейер* пришел к заключению, что раскисление органических кислот в листьях действительно происходит и что в Crassulaceae потребляется на образование крахмала кислота, изомерная с обыкновенной яблочной кислотой[208]. К сожалению, однако, поставленный *Мейером* вопрос не решен им с должною определенностью; опыты и выводы *Мейера* допускают возражения, подрывающие их в самом основании. Наиболее существенные из них приведены *Де-Фризе*[209] в критической

---

[205] *Schmöger*. Journ. f. Landwirtsch. v. Henneberg. 28, 179 (1881).
[206] *Meyer*. Land. Vers. 18, 410 (1875); его же: Die Sauerstoffauscheidung fleischiger Pflanzen. Land. Vers. 21, 277 (1878).
[207] *Langrebe*. Ueb. d. Licht, 1834, 350 (Mohl. Veget. Zelle, p. 248).
[208] *Meyer*. Land. Vers. 21, 302 (1878).
[209] *De Vriese*. Land. Jahrbüch. 5, 469 и 955 (1876).

статье, направленной против *Мейера*; по моему мнению, возражения эти сохранили свою силу и в настоящее время, хотя последние две работы *Мейера* появились после статьи *Де-Фризе* [10]*.

Из приведенного краткого обзора работ, имевших целью заменить в питании хлорофиллоносных растений углекислоту другим источником углерода, видно, что все они дали отрицательный результат.

Реакции синтеза органических соединений в растениях, происходящие без содействия света

Точных указаний на характер и последовательность реакций при синтезе органических соединений имеется весьма мало; исключение составляет только синтез белковых тел из аспарагина и углеводов. Мы видели, что значительную часть запасного материала семени составляют белковые тела; при прорастании они разлагаются, образуя, между прочим, целый ряд амидных соединений. В виде этих соединений передвигаются азотные составные части пластического материала в нарастающие органы проростка, где при посредстве углеводов вновь превращаются в белковые тела, не требуя содействия света. Первые указания на синтез белковых тел при посредстве аспарагина и углеводов сделаны *Гартигом.*

Приведенные в главе II данные касательно накопления аспарагина в растении, оставленном в темноте, и исчезания его на свету ясно обнаружили, что содержание аспарагина в растении зависит от света; в то же время оказалось, что образование аспарагина происходило в обоих случаях с одинаковою скоростью и что различие в содержании его на свету и в темноте обусловливалось исключительно тем, что в освещенных растениях аспарагин перерабатывался в белковые тела, в растениях же, оставленных в темноте, получилось более или менее значительное накопление его только потому, что образовавшийся аспарагин не подвергался дальнейшей переработке. Выше приведены указания *Пфеффера* и наблюдения *Бородина* касательно условий переработки аспарагина в белковые тела. Мы видели, что непременным и исключительным условием этого процесса является присутствие в растении углеводов, так что синтез белковых тел при посредстве аспарагина и углеводов должен быть отнесен к реакциям, происходящим без непосредственного влияния света.

Следующие опыты *Пфеффера* [210] свидетельствуют о зависимости синтеза белковых тел в растениях из аспарагина от присутствия углеводов. Семена Lupinus luteus прорастали в горшке с землею, помещенном в замкнутую атмосферу на тарелке с плотно притертым стеклянным колпаком; в верхней части колпака находилось отверстие, в которое была вставлена сквозная трубка с кусками едкого кали; для поддержания испарения проростков в колпаке помещались также куски хлористого кальция. Опыты продолжались от июня до сентября. Контрольные семена выращивались в подобном же аппарате, отличавшемся от описанного только

---

[210] *Pfeffer*. Monatsb. d. Berl. Ak. 1873, p. 780.

тем, что сквозная трубка была наполнена кусками пемзы вместо едкого кали. Последние растения развились совершенно так же, как свободно растущие на воздухе. В аппаратах же с едким кали проростки разрастались нормально до образования второго листа; третий постоянно оставался недоразвитым. На этой стадии развития растения останавливались и дней через 25—35 погибали. До самого конца опыта ткани их оставались переполненными аспарагином и не содержали вовсе ни глюкозы, ни крахмала.

Из работ, имевших специальною целью выяснить характер и место синтеза белковых тел, мне известны еще только следующие две:

1) *Müller-Thürgau.* Ueb. d. Ort. d. Eiweissbildung i. d. Pflanze, Weinlaube 1879, p. 560. (Jahresb. d. Agric. Chem. 1879; p. 198)

и 2) *Emmerling.* Studien ü. d. Eiweissbildung i. d. Pflanze. Land. Vers. 24; 113 (1880).

Первая работа не заслуживает особенного внимания по неточному приему расследования поставленного вопроса: *Мюллер* отрезал для этого от выращенных из семени растений (маиса, боба, пшеницы) все корни, за исключением двух, по возможности одинаковых, и затем один из них погружал в полную смесь минеральных солей, другой — в подобную же смесь, отличавшуюся от первой отсутствием соединений азота; оказалось, что в полной смеси корень разрастался сильнее; из этого *Мюллер* счел возможным заключить, что образование белковых тел происходит без участия листьев в тканях, не содержащих хлорофилла.

Работа *Эммерлинга* представляет только ряд определений карбамида, аммиака, азотной кислоты и амидов в различных частях Vicia Faba major. Полученные данные указывают только на распределение этих соединений по растению. Карбамид оказался лишь в минимальных количествах; касательно содержания азотной кислоты получился результат, вполне подтверждающий прежние исследования (см. выше); корень содержал ее в значительно большем количестве, чем стебель; в листовых же пластинках и в цветах, плодах и семенах ее вовсе не оказалось. Молодые нарастающие части заключали более амидов, чем остальные. На основании этих данных сам автор, однако, не решается еще вывести заключения о степени участия амидов в образовании белков, так что в отношении к синтезу белковых тел эта работа не представляет ничего нового.

Не подлежит также сомнению, что синтез жиров из ближайших составных частей тоже происходит в отсутствие света. Об этом предмете см. ниже раздел о синтезе органических соединений в грибах.

Питание водорослей

Вышеизложенные результаты касательно полного синтеза органических соединений получены исключительно из расследований питания высших цветковых растений. Над хлорофиллоносными споровыми почти не имеется работ в этом направлении; между тем немногие попытки, произведенные над водорослями, обнаружили в них отлично приспособ-

ленные объекты для разработки вопросов, относящихся до питания растений.

В состав класса водорослей входят организмы весьма различной окраски; кроме зеленых, отличают багрянки (Florideae) преимущественно розового и красного цвета различных оттенков, диатомовые (Diatomaceae) золотисто-бурого цвета, фукусы (Fucaceae) оливково-зеленого и фикохромовые (Phycochromaceae) сизо-зеленого цвета. Все они оказались способными к полному синтезу органических соединений, и во всех удалось доказать присутствие хлорофилла. Я приведу в последовательном порядке расследования по каждой группе водорослей в отдельности.

Зеленые водоросли

Руководствуясь цветом, можно было бы à priori утверждать, что они должны представлять по отношению к синтезу органических соединений полную аналогию с хлорофиллоносными тканями высших растений. Исследования вполне подтвердили это предположение. Первые указания на выделение кислорода зелеными водорослями сделаны были еще *Пристлеем* в 1772 г. Он заметил, что на стенках наполненного водою стеклянного сосуда появился зеленый налет, выделявший пузырьки кислорода в очень значительном количестве. Выделение кислорода зелеными морскими водорослями было наблюдаемо *Эме*[211], *Дильвином*[212], *Дюклюзо*[213]. Образование крахмала под влиянием света в водоросли Spirogyra было в первый раз доказано мною в 1865 г.[214] Освещая Spirogyra ламповым светом, я нашел, что крахмальные зерна появились в клетках этой водоросли исключительно в лентах хлорофилла и что появление и исчезание их обусловливалось, как и в цветковых растениях, светом. Появившиеся зерна крахмала я рассматривал как продукт синтеза из углекислоты и воды. Относительно этого предположения были высказаны сомнения *Бемом*[215], которому не удавалось обнаружить при искусственном свете выделения кислорода зелеными частями растений. Вследствие этих возражений я подвергнул исследованию газы, выделяемые под ламповым светом водорослью Spirogyra, положенной в воду с углекислотою, и мне удалось показать, что выделенный газ состоял почти исключительно из кислорода[216]. Этими опытами, несомненно, было доказано, что крахмал, образуемый Spirogyra, освещаемой лампою, происходил путем синтеза из углекислоты и воды.

---

211 *Aimé.* Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 2, 353.

212 *Dillwin.* British Confervae, 1809, pg. 9 of introduction.

213 *Duclusau.* Essai s. l'histoire d. Conferves d. environs de Monpellier p. 15. Все эти цитаты заимствованы из сочинения *Розанова.* Физиологические и анатомические исследования в области морской и пресноводной флоры (1867).

214 *Famintzin.* Mel. biolog. de l. Acad. d. St. Petersb. T. 5 (1865). Фламинцын. Действие света на водоросли. 1866.

215 *Boehm.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. 69; 1. Abth., März (1874).

216 *Фаминцын.* Речи и протоколы 6-го съезда русских естествоиспытателей и врачей в Петербурге. 1879. Ботаника, с. 8.

Об ассимиляции Vaucheria sessilis на свету см. выше, где приведена работа *Бородина*.

Сюда же относятся произведенные мною расследования над выращиванием водорослей (и протонемы мхов) в растворах неорганических солей[217]. Мне удалось выращивать в каплях жидкости на предметном стеклышке некоторые мелкие водоросли в продолжение трех месяцев. Главнейшими объектами исследования послужили Chlorococcum infusionum, Protococcus, viridis, Stigeoclonium stellaris и неопределенный вид рода Conferva.

Из полученных результатов следующие представляют наибольший интерес:

1. Исследованные водоросли и высшие споровые растения (заросток мхов) в состоянии выдерживать гораздо большую концентрацию, чем корни цветковых растений. В 3%-ном растворе происходило весьма энергичное разрастание Chlorococcum infusionum, Protocuccus viridis, а также и заростка неопределенного мха; они оставались живыми в 5%-ном растворе; при этом, однако, оказалось необходимым увеличивать концентрацию раствора постепенно.

2. Степень концентрации раствора обнаружила чрезвычайно сильное влияние на развитие водрослей. В очень слабых растворах Chlorococcum infusionum и Protococcus viridis размножались постоянно только зооспорами; вышедшие зооспоры останавливались и превращались вновь в зооспорангии; этот способ размножения продолжался без перерыва во все времена, пока концентрация раствора оставалась без изменения. Начиная с 2%-ной концентрации образование зооспор прекращалось и заменялось размножением неподвижными шарами. Разрастание водорослей при этом, по-видимому, не претерпевало замедления. При перенесении в раствор 0,5%-ной и меньшей концентрации немедленно обнаруживалось вновь размножение зооспорами. Меняя концентрацию раствора, удавалось по произволу вызывать распадение на зооспоры или размножение неподвижными шарами.

3. Культурой во влажной атмосфере при незначительном смачивании водорослей раствором солей зеленая окраска заменялась красною; при погружении покрасневших водорослей в каплю раствора солей они вновь делались зелеными.

4. Stigeoclonium и Conferva распадались на отдельные зеленые шары и из нитчатых форм превращались в одноклеточные. Последние же, смотря по условиям культуры, или продолжали расти и размножаться наподобие одноклеточных организмов делением, или же вновь вырастали в нитевидные формы.

Весьма удовлетворительный результат получился мною при культуре в смеси солей *Кнопа* Hydrodictyon utriculare.

Из маленькой сеточки в 20 мм длины в несколько недель получался организм в 50 см длины и 4 см ширины. Сеточка выращивалась в плоском стеклянном сосуде; при этом я доставлял углекислоту из стек-

---

[217] *Famintzin*. Mél. biol. d. l'Acad. de St. Pétersbourd. T. 8 (1871).

лянного стаканчика, предварительно наполненного жидкостью и опрокинутого отверстием в раствор солей, где помещалась водоросль. Не вынимая стаканчика из раствора, я наполнял его углекислотой и повторял эту операцию ежедневно до конца культуры. Углекислота постепенно диффундировала из стаканчика в окружающую жидкость столь быстро, что на следующий день стаканчик оказывался наполненным доверху жидкостью. Наибольшее разрастание Hydrodictyon получалось при концентрации в $^1/_{5000}$; в этом отношении, следовательно, обнаружилось различие от вышеупомянутых форм водорослей. Hydrodictyon оставался живым и в 1—3%, но рос очень медленно.

Значительное развитие Hydrodictyon utriculare в смеси неорганических солей с углекислотою не исключает, однако, возможности питания его органическими, гуминовыми телами. По крайней мере при замене дистиллированной воды невскою водою получилось в смеси последней с неорганическими солями и углекислотой разрастание несравненно более энергичное. В шесть недель из мешочка Hydrodictyon в 30 мм длины и 0,5 мм ширины вырастала сетка в 5 м длины и 6—7 см ширины, так что мне приходилось разрезывать сетку на куски и выращивать каждый из них в отдельном большом блюде.

При выпаривании невской воды получалась бурая тягучая масса, легко растворяющаяся после высушивания в воде и составленная наполовину из сгораемых соединений. К сожалению, до настоящего времени я не имел возможности в точности расследовать, каким образом в данном случае содействовали органические соединения разрастанию водоросли: усваивались ли они непосредственно ею или способствовали сильному ее развитию каким-нибудь иным способом.

Питание багрянок

По отношению к багрянкам первая обстоятельная работа принадлежит *Розанову*[218]. Он показал, что они разлагают на свету углекислоту столь же энергично, как и зеленые формы, расследовал крахмальные отложения, строение пигментных зерен и оптические свойства обоих заключенных в них пигментов — зеленого и розового (хлорофилла и фикоэритрина). Для исследования разложения багрянками углекислоты на свету они помещались в большие банки из белого стекла, наполненные свежею морскою водою. Затем над водорослями опрокидывалась большая стеклянная воронка, широкий край которой касался дна наружной банки, а обрезанное горло приходилось на сантиметр ниже поверхности воды. На горлышко воронки наставлялась широкая и длинная пробирная трубочка, совершенно наполненная морскою водою. В промежуток между стенками наружной банки и воронки опускались термометр и газоотводная трубка от газометра с углекислотой. Кроме многочисленных багрянок, *Розанов* исследовал бурую водоросль Ectocarpus confervoides Roth и E. firmus (из Pheosporeae), также Fucus serratus L. и F. vesiculosus L.

---

[218] *Розанов* L. c.

(из Fucaceae). Они все без исключения разлагали на свету углекислоту; в пробирке над воронкой собирался газ, составленный преимущественно из кислорода с примесью азота; последний, по мнению *Розанова*, выделялся из воды.

Исследования клеток Florideae микроскопом обнаружило присутствие в их плазме округлых розовых отложений, соответствующих по положению, форме и физиологическому значению зернам хлорофилла зеленых растений. В них оказался хлорофилл, примешанный к розовому пигменту. Эти пигментные зерна представляли, следовательно, образования, совершенно аналогичные зернам хлорофилла высших растений. Одно только обстоятельство осталось по отношению к ним не выясненным *Розановым*: ему никогда не удавалось находить в этих пигментных зернах отложений крахмала. Этот факт тем более странен, что *Розанов* не только подтвердил присутствие в багрянках зерен крахмала, указанное уже в 1846 г. *Негели*[219] у Polysiphonia и в 1858 г. *Фан-Тигемом*[220] у Rytiphlea pinastroides Kütz, но и убедился в присутствии крахмальных зерен во всех исследованных им в этом отношении багрянках. Особенно обильное отложение крахмала он находил вокруг органов размножения, в старых частях слоевищ, также во внутренней их ткани[221]. Весьма желательна тщательная проверка этих указаний.

Выделение кислорода на свету водорослями Diatomaceae открыл *Кютцинг*[222]. Первые указания на разложение углекислоты фукусами принадлежат *Добени*[223]; он наблюдал выделение кислорода водорослью Fucus digitatus.

В. ОБ ИСТОЧНИКЕ ЭНЕРГИИ, ЗАИМСТВУЕМОЙ РАСТЕНИЯМИ ИЗВНЕ, ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ДЛЯ ДРУГИХ ЖИЗНЕННЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ

Процессы синтеза органических соединений в растениях, кроме химической стороны, представляют еще другую, в высокой степени интересную сторону — *динамическую*.

Примечание. Считая полезным изложить вкратце главнейшие положения учения о сохранении энергии, насколько они необходимы для понимания содержания статьи, я воспользовался сочинением *Кребса*, озаглавленным: «Сохранение энергии как основное положение новейшей физики». Нижеследующие строки представляют выдержки из этого источника.

«Когда поднимают тяжелый камень, несут в амбар мешок с зерном, распиливают пилою дрова, передвигают по земле телегу, то во всех случаях совершается работа. Общее в приведенных примерах заключается в том, что во всех преодолевается некоторое сопротивление на известном расстоянии. При поднятии камня на известную высоту или перемещении мешка в амбар преодолевается на известном протяжении вес камня и мешка; при распиливании дерева преодолевается его твердость на всем

219 *Schleiden u. Naegeli.* Zeitschr. f. wiss. Bot. 3, 220 (1846).
220 *Van Thiegem.* Ann. d. Sc. nat. S. 5, t. 4, 316 (1858).
221 *Розанов.* L. c., с. 33 и 34.
222 *Kützing.* Die Kieselschaligen Bacillarien, 1844, p. 20.
223 *Daubeny.* Philosophical transactions of the royal. Soc. of. London, 1836, p. 155.

пространстве, которое прошла пила; при передвижении телеги на поверхности земли преодолевается трение на всем пути, по которому перетащена телега.

Величина работы обусловливается при этом величиною преодоленного сопротивления и длиною пройденного пути или, другими словами, *работа равняется произведению из сопротвленния на пройденный путь.*

В большинстве случае сила, потребляемая для производства работы, равна сопротивлению или немного только больше его, так что в данном случае можно сказать, что *работа равняется произведению из силы на пройденный путь.*

За мерило работы условились считать килограммометр (М. К.), т. е. работу, потребную для поднятия килограмма на один метр»[224].

«За единицу силы принимают обыкновенно лошадиную силу, т. е. силу, способную произвесть в секунду работу, равную 75 М. К.»[225].

«Понятие о работе было введено в науку *Понселе* и *Кариолисом* и с редкой быстротой приобрело право гражданства. По-видимому, потребуется не больше времени для упрочения понятия об *энергии,* которое впервые ввел и строго определил *Ранкин*»[226].

«Под „*энергией*“ подразумевают способность производить работу, придавая слову „*работа*“ вышеозначенный смысл. Состояние тел, обладающих энергией, могут быть весьма различны. Шар, катящийся по земле, замедляется в движении; он совершает при этом работу, преодолевая трение земли. Выпущенная из ружья пуля в состоянии вследствие сообщаемого ей быстрого движения пробить стену до известной глубины, т. е. она в состоянии произвести работу и преодолеть крепость стены на известном расстоянии.

Тела, находящиеся в движении, в состоянии, следовательно, произвести работу; они обладают энергией движения, или *кинетической* энергией. Прежде приписывали телам, находящимся в движении и могущим произвести работу, *живую силу;* это выражение, впрочем, находится в большом употреблении и в настоящее время.

Когда тело, находящееся в движении, совершает работу, то скорость движения его постепенно убывает, пока не превратится в нуль; к этому времени произведенная телом работа оказывается равною работе, потребленною для сообщения телу скорости, которою оно обладало в начале работы».

«Тело, пребывающее в покое, может также обладать известного рода энергией. Вода возвышенного пруда может, падая на водяное колесо, привести его в движение; она в состоянии, следовательно, стекая в более низменное место, произвести работу, и притом равною той, которая необходима для поднятия воды обратно на высоту пруда. При заводе часов поднимают кверху гири, которые при опускании обусловливают ход часов, совершая при этом работу, равною той, которая потребовалась для их поднятия.

Итак, вода помещенного на возвышении пруда и поднятые гири стенных часов в состоянии произвести работу при падении сверху вниз; поэтому говорят, что они обладают *потенциальной энергией,* или *энергией положения.*

Натянутая и удерживаемая в этом положении пружина обладает потенциальной энергией; если соединить ее, например, с часами и отпустить, то она будет производить работу, пока не примет прежнего вида: потребовалась известная работа, чтобы изменить взаимное положение частиц пружины; соответствующее количество работы производится пружиною, если представлена будет ее частицам возможность занять прежнее положение.

Потенциальной энергией обладают также порох, сжатый в воздушном ружье воздух, связанные электричества заряженной лейденской банки, также и рабочий, способный к работе вследствие принятой пищи, и проч. Выпущенная из ружья вертикально вверх пуля обладает вначале значительной кинетической энергией; во время поднятия скорость движения (полета) пули уменьшается и вместе с нею убывает кинетическая энергия; при этом по мере достижения большей высоты над поверхностью земли пуля приобретает способность совершать при падении тем большую работу; при движении вверх пули кинетическая энергия превращается в

---

[224] *Krebs.* Die Erhaltung der Energie, als Grundlage d. neueren Physik. 1877, p. 30.
[225] L. c., p. 37.
[226] L. c., p. 37, 38.

потенциальную. Достигнув высшей точки полета, пуля на мгновение остается неподвижною, в этот момент кинетическая энергия ее равняется нулю, а потенциальная, напротив того, достигает наибольшей возможной величины в данном случае. При последующем падении пули ее потенциальная энергия убывает по мере приближения пули к поверхности земли; скорость движения возрастает и с нею вместе кинетическая энергия; при этом, следовательно, происходит превращение потенциальной энергии в кинетическую.

При качании маятника происходит беспрерывное превращение потенциальной энергии в кинетическую и обратно; при поднятии маятника уменьшается скорость движения и увеличивается расстояние его от поверхности земли, т. е. кинетическая энергия превращается в потенциальную; обратное оказывается при опускании маятника» [227]. «При этом движение маятника постепенно ослабевает и наконец прекращается; остановка движения обусловливается трением, испытываемым маятником от воздуха и в точке привеса; все энергия маятника превращается наконец в теплоту» [228].

«Всякий раз, когда задерживается движение тела, проявляется вместо него теплота; внешнее видимое движение превращается в колебательное движение частичек тела или, другими словами, кинетическая энергия превращается в *калорическую*.

От трения о колеса осей экипажа уменьшается скорость его движения и оси часто разогреваются до накаливания. При ударе о стену выпущенной из ружья пули мгновенно прекращается ее движение; при этом свинцовая пуля нагревается часто до плавления».

«Все приведенные примеры свидетельствуют о том, что внешнее движение (механическая работа) может превращаться в теплоту; столь же возможен переход *теплоты в работу*. Самый простой пример представляют машины, двигаемые паром или нагретым воздухом. Молекулы пара или нагретого воздуха с силою ударяют о поршень; подвигая его вперед, они совершают работу и при этом теряют часть скорости, т. е. охлаждаются... Топливо под котлом машины, остающемся в покое, выделяет при горении больше тепла в окружающую среду, чем во время работы машины; часть тепла в действующей машине превращается в механическую работу» [229].

«Многие химические реакции (соединения) сопровождаются выделением тепла (и электричества); это заставляет предполагать в продуктах соединения запас потенциальной энергии, меньший, чем в телах первоначальных. При других химических реакциях (разложения) требуется затрата теплоты извне или содействие гальванического тока; получаемые продукты разложения должны поэтому обладать большей потенциальной энергией, чем тела первоначальные. В одном случае происходит превращение потенциальной энергии в теплоту (или электричество), другом – превращение теплоты (или электричества) в потенциальную энергию» [230].

«Таинственное звено связывает две необыкновенно важные для жизни мироздания силы – свет и теплоту».

«Свет и теплота представляют движение; нагретые и светящиеся тела переносят энергию молекулярных движений их частиц на другие тела» [231].

«...Насколько до настоящего времени расследованы явления в природе, нигде не обнаружилось потери энергии, но только превращение одного рода энергии в другой. В этом заключается важный *принцип сохранения энергии*» [232].

«Закон сохранения энергии вполне применяется и к лучам света; колебания эфира определенной скорости могут превращаться в другие, обладающие скоростью более или менее значительною; никогда, однако, не могут они пропасть бесследно; кажущаяся потеря, проявляющаяся при поглощении света, есть нечто иное, как превращение света в темные тепловые лучи или, другими словами, превращение колебания эфира в колебания молекул» [233].

---

[227] L. c., p. 3, 38, 39, 40, 74.
[228] L. c., p. 73 и 74.
[229] L. c., p. 76 и 77.
[230] L. c., p. 112.
[231] L. c., p. 41.
[232] L. c., p. 147.
[233] L. c., p. 166 и 167.

В настоящей главе мы увидим пример превращения световой энергии в потенциальную, именно в запас химической энергии.

Из раствора пяти минеральных солей и углекислоты хлорофиллоносные растения строят разнообразные органические соединения, отличающиеся от составных частей сырой пищи не только составом, но и запасом *потенциальной энергии.* Выработанные хлорофиллоносными растениями органические соединения служат не только материалом для построения тела самих растений и животных, но в то же время и доставляют всем живым существам на земной поверхности запас энергии, необходимый для проявления жизненных отправлений; по мере сожигания (окисления) принятой пищи внутри организма потенциальная энергия превращается частью в энергию калорическую, частью в другие и приводит в действие сложные механизмы организма.

Образование соединений с большим запасом потенциальной энергии сравнительно с телами, из которых они происходят, немыслимо без заимствования энергии из внешнего источника. Вышеизложенные опыты с достаточною очевидностью указывают на солнце как на источник тепловой и световой энергии, при посредстве которого происходит синтез органических соединений в хлорофиллоносных растениях.

При посредстве солнца производится внутри зерен хлорофилла с затратой части энергии химическая работа, состоящая в отщеплении кислорода из соединения его с углеродом и водородом. Следствием этого, с одной стороны, является выделение кислорода в газообразном состоянии, а с другой — образование органических соединений с запасом потенциальной энергии, именно химической, которая есть не что иное, как видоизмененная энергия солнечных лучей.

Растение (зеленые его части) уподобляется в данноме случае машине, а свет и теплота солнца — силе, приводящей машину в движение для производства работы.

Всякая машина утилизирует только часть силы, затрачиваемой на приведение ее в действие, и притом в большинстве случаев только незначительную ее долю.

В последнее время были неоднократно произведены попытки разрешить этот вопрос по отношению к усвоению растением солнечной энергии.

Первая попытка принадлежит *Бекерелю*[234]. По указанию *Пулье,* количество солнечной энергии, получаемой в год квадратным сантиметром земного шара, равняется 231,684 кал; по мнению *Бекереля,* приблизительно половина всей энергии задерживается атмосферой, так что на квадратный сантиметр поверхности почвы приходится в год 115 837 кал.

Для вычисления, какая часть этой энергии потребляется растением при построении органических соединений, *Бекерель* делает следующие сопоставления:

---

[234] *Becquerel.* La lumière, ses causes et s. effets. T. 2, p. 290 (1868).

Гектар леса в средней полосе Европы усваивает (Шевандье [235]) в год	1800 кг	углерода
Гектар хорошо удобренного луга усваивает (Шевандье) в год	3500 кг	»
Гектар, засеянный земляной грушей, усваивает (Бусенго) в год	6000 кг	»

Принимая во внимание, что грамм углерода выделяет при сожигании 8000 единиц тепла, *Бекерель* вычисляет, что 1500—6000 кг углерода должны выделить в 12 000 000—48 000 000 раз большее количество тепла сравнительно с тем, которое потребно для нагревания килограмма воды от 0 до 1° С. Гектар почвы (=10 000 м^2), по *Бекерелю*, получает от солнца в год количество тепла, превосходящее в 11 583 790 000 раз тепло, потребное для нагревания килограмма воды с 0 до 1° С.

Частные из 12 000 000 и 48 000 000 на последнее число, именно $^{12}/_{11583}$ и $^{48}/_{11583}$, приблизительно равные $^{1}/_{1000}$ и $^{4}/_{1000}$, выражают собою долю солнечной энергии, потребленной вышеприведенными растениями при построении органических соединений.

Бекерель обращает внимание на то, что в произведенном вычислении не обращено внимания на тепло, потребленное для усвоения водорода и азота; по его мнению, поправка в этом направлении не увеличила бы полученных цифр даже наполовину. На основании своих наблюдений *Бекерель* заключает, что во Франции растениями усваивается менее $^{1}/_{100}$ солнечной энергии.

К подобным попыткам относится вычисление *Мюллера* [236] касательно солнечной энергии, усваиваемой гектаром букового леса в продолжение 100 лет.

Он воспользовался, с одной стороны, точными определениями *Гартига* относительно веса сухого вещества гектара букового леса (стволов, корней и листьев), с другой — вышеприведенными данными *Пулье* касательно числа единиц тепла, получаемых квадратным сантиметром земной поверхности в продолжение года. Основой для вычисления *Мюллера* послужило число калорий, выделяемых при сожигании граммом клетчатки. Ввиду преобладания этого соединения в дереве *Мюллер* принял при вычислении все количество сухого вещества, найденное *Гартигом* в гектаре столетнего букового леса, состоящим исключительно из клетчатки. Сопоставив число калорий, которые должны были бы получиться при сожигании всего сухого вещества леса, если бы он состоял из клетчатки, с количеством солнечной энергии, полученной гектаром земли за 100 лет, *Мюллер* нашел, что буковый лес усваивает $^{1}/_{194}$ солнечной энергии; при этом он, однако, прибавляет, что произведенное вычисление дает число, большее искомого, так как не было принято во внимание значительное поглощение солнечной энергии атмосферой.

Мюллер указывает на две весьма существенные ошибки, присущие употребленному им способу вычисления, вследствие которых полученное число не может служить точным выражением искомой величины. Первая

---

235 *Chevandier*. Ann. Chim. Phys. S. 3, t. 10, 129 (1844).
236 *Müller*. Handbuch des Botanik, p. 481 (1880).

ошибка состоит в том, что при вычислении не было принято во внимание значительное поглощение солнечной энергии облаками и усвоенная растением энергия выражена в долях всей энергии, доставляемой солнцем земной поверхности. Вторая ошибка, по указанию *Мюллера,* влияет на результат вычисления в смысле, диаметрально противоположном первой. Он справедливо замечает, что твердое вещество, находимое в растении, не представляет всего количества усвоенного органического вещества и, следовательно, не может служить точным мерилом солнечной энергии, потребленной на синтез органических соединений; оно значительно меньше искомого.

Основываясь на этих соображениях, мне казалось бы проще всего выразить искомую величину энергии, усвоенной растением, суммою из следующих немногих слагаемых: 1) из количества калорий, выделенных при сожигании твердого вещества исследуемого растения, включая сюда и отпавшие во время его развития части; 2) из количества энергии, потраченной при построении органов растения (сохранившихся и отпавших) на счет приготовленных растением органических соединений, и 3) избытка энергии, обнаруживаемого иногда самонагреванием растений.

Материалом для дальнейшей разработки вопроса о поглощении солнечной энергии растением могут служить нижеследующие определения поглощения и выделения солнечной энергии отдельными зелеными листьями.

Тимирязев [237] воспользовался для этого частью данными *Бусенго* и собственными касательно количества углекислоты, разлагаемой известною площадью листа в определенный промежуток времени, частью же указаниями на количество единиц тепла, получаемого за это время листом.

Тимирязев пришел к заключению, что зеленым листом утилизируется средним числом 1% солнечной энергии и только при самых благоприятных условиях около 2%. Опыты и вычисления *Мюллера* [238] дали цифру несколько большую; листья бука, поставленные в наиболее благоприятные условия, усваивали до $^1/_{24}$ всей солнечной энергии.

На основании имеющихся данных с достоверностью можно утверждать, что различные лучи солнечной энергии поглощаются растениями в разной степени. Вышеприведенные разыскания *Сакса* над проникانием света в ткани растений показали, что сильнее всего поглощаются растениями ультрафиолетовые лучи; из лучей световой части спектра вслед за ультрафиолетовыми исчезали фиолетовые, глубже проникали синие лучи; дальше всех проходили в растение лучи зеленые и в особенности

---

[237] *Тимирязев.* Речь о физиологическом значении хролофилла. См.: Речи и протоколы съезда русских естествоиспытателей и врачей в Петербурге. 1880. Ботаника, с. 70.

Его же: Жизнь растения. См. лекцию 10-ю: Растение как источник силы.

[238] Müller. Bot. Unters. 5; Ueb. d. Einwirkung d. Lichtes u. d. strahlenden Wärme a. d. Grüne unserer Waldbäume, p. 382. Его же: Handbuch d. Botanik. B. 1, p. 523 (1880).

красные. Исследованиями *Эмери*[239] и *Макена*[240] было обнаружено весьма значительное поглощение темных тепловых лучей листьями и стеблями различных растений. Произведенные опыты, однако, неприложимы еще, по сознанию *Макена*, непосредственно к физиологии растений и могут только послужить исходной точкой для дальнейших разысканий.

К этой категории относятся исследования *Мюллера* над поглощением зеленым листом: 1) лучей, действующих на фотографическую бумагу; 2) лучей, ощущаемых зрением, и 3) лучей, открываемых термомультипликатором. В связи с этим определением *Мюллер* исследовал диффузию газов при освещении листа солнцем и определял силу ассимиляции солнечных лучей газометрическим способом.

Из полученных *Мюллером* результатов я отмечу только следующий[241]: подвергая освещению в смеси определенного состава несколько наложенных один на другой листьев, он заметил, что они разлагали больше углекислоты, чем один лист. Например, три листа Castanea vesca разложили больше углекислоты, чем один лист; подобное получилось и с листьями Fagus sylvatica; четыре сложенных листа бука разлагали больше одного листа. *Мюллер* объясняет полученный результат тем, что сквозь верхний лист проникало еще достаточное количество солнечного света, чтобы вызвать разложение углекислоты затененными листьями.

Остальные результаты частью неприменимы непосредственно к ассимиляции листьями, частью не доказаны достаточно строго и возбуждают сомнение.

В теснейшей связи с поглощением солнечной энергии находится вопрос о потреблении ее растением. Она потребляется, как ниже будет изложено: 1) на образование соединений с бо́льшим запасом химической энергии, чем вещества исходные; 2) на передвижение частей содержимого клеток, целых частей растений или даже всего организма (зооспор и подвижных форм простейших организмов); 3) на всасывание, передвижение по растению и выделение газообразных жидких и твердых тел. В первом случае происходит превращение световой солнечной энергии в потенциальную химическую энергию; во втором и третьем — превращение световой и тепловой солнечной энергии в механическую или, другими словами, превращение движения частиц эфира и молекул в движение массы.

Из этих трех случаев в настоящей главе будут рассмотрены только первые два; исследования же над потреблением солнечной энергии на испарение и всасывание воды и передвижение газообразных, жидких и твердых тел по растению будут изложены в главе IV.

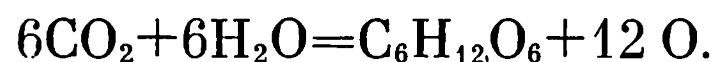
---

239 *Emery*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 17, 195 (1873).
240 *Maquenne*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 10, 333 (1881); более подробное изложение см.: Annales agronomiques (October, 1880).
241 *Müller*. L. c., p. 355.

Химические реакции, вызываемые солнечной энергией в растениях

Химические реакции, вызываемые солнечной энергией в растениях, заключаются в синтезе некоторых органических соединений. Реакции синтеза органических соединений в растениях представляют как с химической, так и с динамической стороны две резко разграниченные группы. К одной относятся реакции, сопровождаемые поглощением энергии извне и образованием соединений с большим запасом энергии, чем тела реагирующие; отличительным признаком их служит выделение кислорода в газообразном состоянии и получение вследствие этого продуктов разложения, сравнительно бедных кислородом. Вторую группу составляют реакции синтеза, происходящие на счет потенциальной энергии исходных соединений, так что сумма энергии продуктов разложения не может превышать количества энергии тел, вступивших в реакцию. Поэтому если в последнем случае между продуктами реакции появляется тело, превосходящее запасом энергии первоначальные соединения, то оно образуется не иначе, как с выделением другого продукта разложения, более бедного потенциальной энергией, чем исходные соединения; одновременно с раскислением идет процесс окисления. Смотря по интенсивности его, образуется углекислота и вода или соединения, промежуточные между разлагаемым телом и углекислотой; в большей части случаев при этом роде синтеза отщепляется углекислота, выделяемая в газообразном состоянии.

Наглядным примером синтеза органических соединений, сопровождаемого поглощением энергии, может служить образование глюкозы (крахмала) из углекислоты и воды:



$$6CO_2+6H_2O=C_6H_{12}O_6+12\ O.$$

Мы знаем, что при сожигании сахара в углекислоту и воду выделяется определенное количество тепловой энергии, которое может быть с точностью измерено посредством калориметра. На основании закона сохранения энергии не подлежит сомнению, что при обратной реакции, т. е. при образовании сахара из углекислоты и воды, необходимо должно произойти поглощение энергии, равное энергии, выделенной при сожигании, и притом совершенно независимо от пути, которым будет достигнут синтез сахара. Поглощением энергии должно, следовательно, сопровождаться образование сахара (крахмала) из углекислоты и воды в растениях.

Из всех органических соединений, встречаемых в хлорофиллоносных растениях, одни углеводы, по-видимому, требуют для своего образования затраты энергии. Синтез же всех остальных соединений происходит при посредстве углеводов на счет присущей последним потенциальной энергии. Этому положению не противуречит большее сравнительно с углеводами содержание энергии в целом ряде органических соединений (например, жиров), образованных при посредстве углеводов. Оно легко объясняется, согласно вышеизложенному, тем, что при их синтезе, со-

провождаемом отщеплением более окисленного соединения, потенциальная энергия углевода концентрируется на меньшее количество вещества.

В настоящем случае при исследовании вопроса об источнике энергии, накопленной в органических соединениях, представляют интерес только реакции синтеза, сопровождаемые поглощением энергии извне, т. е. исключительно процесс образования углеводов из углекислоты и воды при содействии света.

С химической стороны он был уже подробно рассмотрен выше; мы видели, что на основании целого ряда точных опытов синтез углеводов может проявляться только в хлорофиллоносной клетке и притом не иначе как в присутствии углекислоты в окружающей среде и при непосредственном освещении клетки солнцем или каким-нибудь другим сильным источником света. В настоящем случае мне предстоит только рассмотреть ближайшее участие света в этом процессе.

При рассмотрении условий синтеза углеводов одним из первых представляется вопрос, почему синтез углеводов происходит только в клетках, содержащих хлорофилл, какою особенностью строения или состава отличаются они от клеток, лишенных зеленой окраски. Самое тщательное сравнение не обнаружило между ними никакого различия, кроме окраски.

Это незначительное с первого взгляда несущественное различие оказалось, однако, при ближайшем расследовании столь постоянным, что, руководствуясь исключительно цветом, можно (за немногими исключениями, где хлорофилл замаскирован другими пигментами, см. ниже) безошибочно предсказать, будет ли предложенная часть растения разлагать на свету углекислоту с выделением кислорода. Связь зеленой окраски органа с образованием углеводов настолько постоянна, что в настоящее время не известно ни одного исключения из этого правила; немногие случаи, представлявшиеся исключениями, при ближайшем рассмотрении послужили интересным и неожиданным подтверждением этой связи.

К числу таких случаев относится, например, разложение углекислоты красными листьями Atriplex hortensis, Amaranthus caudatus, также розовыми водорослями из группы Florideae и бурыми из сем. Diatomaceae. Разложение углекислоты красными листьями Atriplex hortensis, известное уже *Соссюру*, было подтверждено *Коренвиндером*[242]; оба исследователя на основании этих наблюдений не признавали связи между зеленым цветом растений и разложением углекислоты. *Клоез*[243], однако, вскоре показал ошибочность их вывода; он нашел, исследуя листья Atriplex hortensis под микроскопом, кроме красного пигмента зеленый; оба пигмента оказались во многих клетках одновременно отложенными; красный пигмент (в виде раствора) — в клеточном соке, зеленый — в периферической плазме, в зернах хлорофилла. Присутствием хлорофилла, замаскированного красным пигментом, объяснилась способность этих листьев разлагать на свету углекислоту.

---

[242] *Corenwinder*. C. R., 57. 266 (1863).
[243] *Clöez*. C. R., 57, 834 (1863).

Еще более тесно связанными оказались два пигмента в розовых морских водорослях — багрянках (Florideae). В них хлорофилл является настолько замаскированным розовым пигментом, что он остается невидимым и при исследовании живой водоросли под микроскопом; в содержимом каждой клетки среди бесцветной плазмы удается только отличить множество мелких зернышек розового цвета, по форме и расположению совершенно сходных с зернами хлорофилла; хлорофилл делается видимым только в отмерших клетках, лучше всего при погружении водоросли в пресную воду. В пресной воде водоросль отмирает; вода проникает внутрь клетки и переводит в раствор красный пигмент. Розовые зерна по мере извлечения из них розового пигмента водой меняют свой цвет и принимают постепенно все более и более явственную зеленую окраску; обстоятельные расследования этого зеленого пигмента обнаружили тождество его с хлорофиллом других растений. Подобное же зеленение обнаруживают при отмирании в пресной воде бурая водоросль Ectocarpus и сизозеленые водоросли Batrachospermum и Oscillaria.

Присутствие хлорофилла в пигментных зернах Florideae открыто было *Кютцингом* и подтверждено последующими исследователями. *Стокес* указал (см. ниже) на то, что спектр поглощения живой багрянки сложный и составлен из спектров поглощения хлорофилла и розового пигмента. *Розанов* изучил оба их спектра подробно и вполне подтвердил результат Стокса. На этом основании признают в пигментных зернах живых багрянок совместное и одновременное присутствие хлорофилла и розового пигмента.

Подобное же сочетание в одних и тех же участках плазмы хлорофилла с золотисто-бурым пигментом диатомином составляет отличительный признак Diatomaceae, которые, подобно остальным хлорофиллоносным растениям, разлагают на свету углекислоту, хотя и имеют золотисто-бурый цвет.

Смесь хлорофилла с посторонним бурым пигментом представляют исследованные *Виснером*[244], *Прилье*[245] и *Друде*[246] пигментные зерна Neottia Nidus avis, Monotropa Hypopitys и Orobanche.

Постоянное присутствие хлорофилла в частях растений, где происходит разложение углекислоты, и неспособность клеток, лишенных хлорофилла, разлагать углекислоту невольно наводят на мысль, что разложение углекислоты обусловливается хлорофиллом или, точнее, оптическими его свойствами.

Из многочисленных разысканий, сделанных в этом направлении, я приведу только главнейшие. Уже давно стало известно, что спиртом удается вполне обесцветить зеленые части растений, причем спирт, растворяя пигмент, окрашивается в изумрудно-зеленый цвет. Вместе с пигментом переходят в раствор многие другие смолистые и маслообразные соединения, весьма затрудняющие получение хлорофилла в хими-

---

[244] *Wiesner.* Pringsh. Jahrb. 8, 576 (1872).
[245] *Prillieux.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19, 168 (1874).
[246] *Drude.* Die Biologie v. Monotropa Hypopitys u. Neottia Nidus avis. 1873 (Cöttingen).

чески чистом виде. За исключением *Гоппе-Зейлера* и *Готье* (см. ниже), все остальные исследователи ограничивали свою задачу лишь получением пигмента в оптически чистом состоянии, т. е. старались выяснить оптические свойства соединений, окрашивающих спиртовую вытяжку, не отделяя их от примеси бесцветных тел, не влияющих на оптические свойства жидкости; но и при подобной, более простой постановке вопроса встретились большие затруднения; даже касательно числа пигментов, заключенных в спиртовой вытяжке, ученые не пришли еще к окончательному соглашению. Оставляя поэтому в стороне подробное изложение обширной литературы по этому предмету, я ограничусь здесь лишь главнейшими работами *Фреми*, *Тимирязева*, *Крауса, Виснера и Прингсхейма.* Указания на остальные работы читатель найдет в трудах *Тимирязева*, *Крауса* и *Виснера*. Большинство исследователей принимают в настоящее время в спиртовой вытяжке присутствие двух пигментов совершенно различных: желтого и зеленого.

Для получения каждого из пигментов в оптически чистом состоянии оказались наиболее пригодными два способа: один — предложенный *Фреми* и отчасти *Тимирязевым*, другой — *Краусом;* из них только первый, как сейчас увидим, может считаться вполне удовлетворительным.

Первоначально *Фреми*[247] предложил разъединять пигменты следующим образом: к зеленой спиртовой вытяжке он прибавлял баритовой воды, вследствие чего на дне сосуда получался зеленый осадок, заключавший оба пигмента, а жидкость над осадком делалась почти бесцветною. Затем он отделял осадок от жидкости фильтрованием; оставшийся на фильтре осадок он промывал крепким спиртом. Спирт извлекал из осадка желтый пигмент (филлоксантин — *Фреми*, ксантофилл[11*] — *Тимирязева*) и стекал в виде жидкости золотисто-желтого цвета, между тем как другой пигмент, темно-зеленый (филлоцианин — *Фреми*, хлорофиллин[12*] — *Тимирязева*), оставался на фильтре в виде нерастворимого осадка в соединении с баритом. Промывание осадка спиртом *Фреми* продолжал до тех пор, пока стекающий спирт не сделался совершенно бесцветным. Для извлечения зеленого пигмента из соединения с баритом *Фреми* обрабатывал оставшийся на фильтре осадок слабою серною или хлористоводородною кислотою. Пигмент переходил в раствор, окрашивая жидкость в сизо-синий цвет, так что в растворе получался не зеленый пигмент, а один из ближайших продуктов его разложения. Для получения зеленого пигмента неизменным, по крайней мере по отношению к оптическим свойствам, *Тимирязев*[248] предложил разлагать соединение зеленого пигмента с баритом не кислотой, а крепким раствором едкого кали. Переходящий в раствор пигмент окрашивал жидкость в изумрудно-зеленый цвет. Чтобы извлечь его из соединения с едким кали, *Тимирязев* наливал на жидкость слой эфира и затем осторожно по каплям прибавлял кислоты до насыщения едкого кали; как только жидкость становилась среднею, весь пигмент почти мгновенно переходил из нижнего

[247] *Fremy*. C. R. 50, 405 (1860) и 84, 983 (1877).
[248] *Тимирязев*. Спектральный анализ хлорофилла. 1871.

слоя жидкости в верхний, эфирный, и окрашивал его в превосходный зеленый цвет, несколько более темный, чем спиртовая вытяжка хлорофилла, вследствие отсутствия желтого пигмента. Разъединенные этим путем *ксантофилл* и *хлорофиллин* представили два пигмента, резко различные по характерным оптическим свойствам.

Раствор *ксантофилла* получился в виде жидкости золотисто-желтого цвета. Спектральное исследование обнаружило полное поглощение лучей более преломляемых, между тем как красные, оранжевые, желтые, зеленые проходили почти без изменения напряженности. Золотисто-желтый раствор не обнаруживал, кроме того, ни следа флуоресценции. Совершенно иные оптические свойства оказались в растворе хлорофиллина. При пропускании через него света получался спектр, изборожденный семью отдельными полосами поглощения, перемежающимися с более светлыми частями спектра. Распределение полос поглощения в спектре с точностью удалось обозначить с помощью линий Фрауенгофера. По направлению от красного конца спектра к фиолетовому они следуют одна за другою в следующем порядке: первая полоса поглощения, весьма резкая и считаемая обыкновенно за наиболее характерную, приходится в красном цвете, между линиями *B* и *C*; она обозначается в спектре даже при употреблении раствора пигмента столь слабого, что зеленая окраска жидкости с трудом только распознается. Одновременно с нею, по *Волкову*[249] еще раньше ее, обозначается поглощение света в более преломляемой части спектра; все пространство от *F* до *H* является сильно затененным, за исключением двух более светлых промежутков. Кроме этих четырех полос поглощения, т. е. полосы поглощения в красном свете и трех между *F* и *H*, в спектре хлорофиллина средней концентрации обозначаются еще три полосы поглощения, сравнительно весьма слабые и расположенные в средней световой части спектра между линиями *C* и *E* (рис. 69, *I*, *II*).

Раствор хлорофиллина отличается чрезвычайно сильной красной флуоресценцией, особенно ясно видимой, если осветить жидкость посредством двояковыпуклого стекла конусом сходящихся лучей; на всем протяжении конуса жидкость принимает кроваво-красный цвет.

Спиртовая вытяжка, заключающая оба пигмента, дает спектр сочетанный, т. е. составленный из линий поглощения каждого из пигментов. Вследствие сплошного поглощения ксантофиллом более преломляемых лучей светового спектра (рис. 69, *III*) спиртовая вытяжка представляет всего пять полос поглощения: первую — между *B* и *C*, вторую — посредине между *C* и *D*, третью — на линии *D*, четвертую — по левую сторону от *E* и пятую — сплошную, обнимающую весь правый конец светового спектра, начиная приблизительно от линии *b*. Кроме того, спиртовая вытяжка обладает флуоресценцией вследствие флуоресценции хлорофиллина.

В последнее время *Фреми*[250] видоизменил первоначальный способ

---

[249] *Wolkoff.* Die Lichtabsorption i. d. Chlorophyllösungen. 1876.
[250] *Fremy.* C. R. 84, 983 (1877).

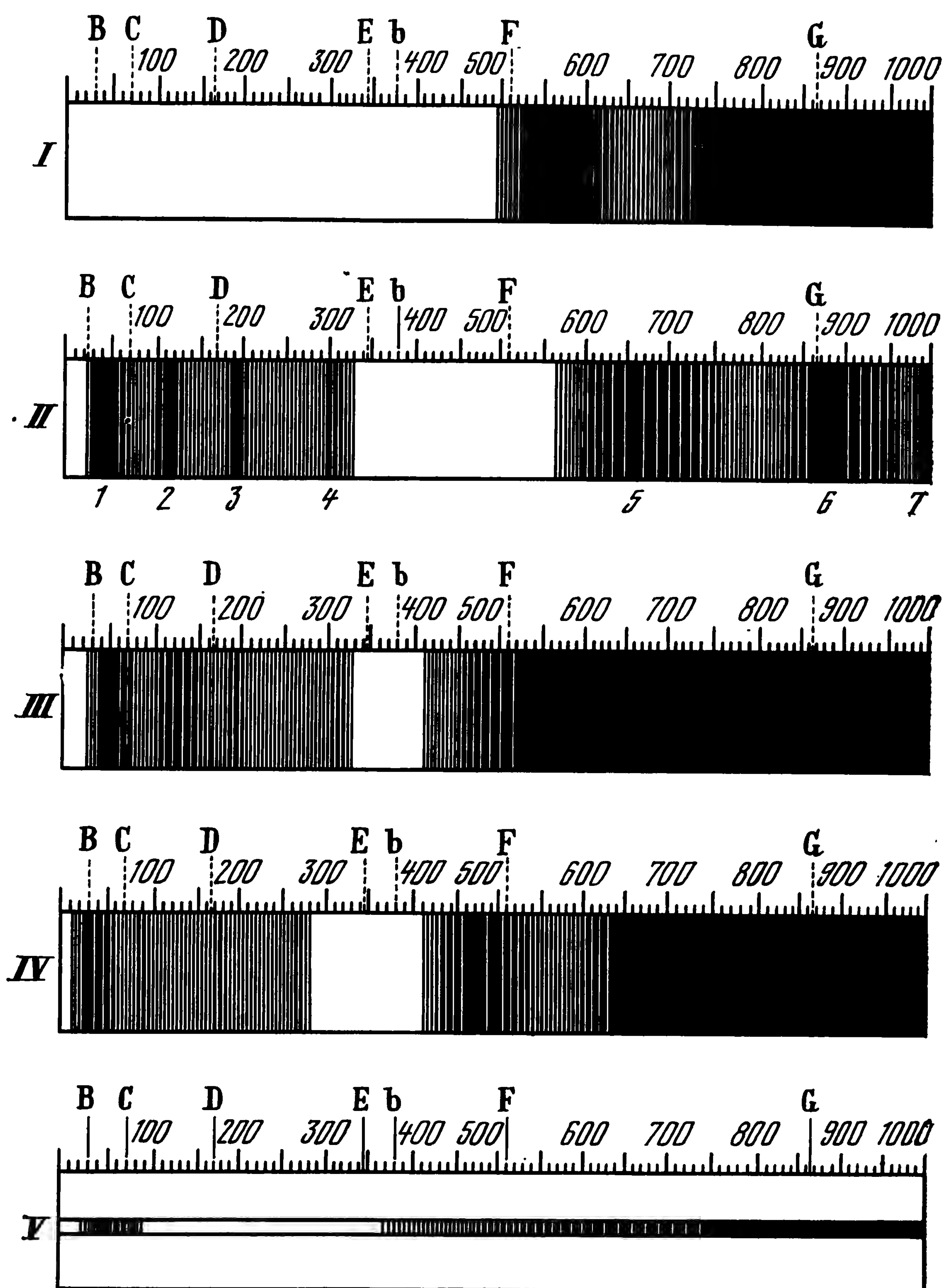


Рис. 69. Спектры поглощения

I — ксантофилла из Deutzia scabra; *II* — хлорофиллина из Deutzia scabra; *III* — хлорофилла из Primula sinensis; *IV* — живого листа Deutzia scabra; *V* — зерна хлорофилла из листа

разъединения составных частей хлорофилла весьма целесообразным образом; вместо того чтобы разлагать баритовое соединение хлорофиллина (филлоциановой кислоты Фреми) кислотою, он переводит этот пигмент в соединение с калием или натрием; баритовое соединение хлорофилла он обливает для этой цели спиртом и прибавляет к жидкости сернокалиевой и сернонатриевой соли. Пигмент переходит в соединение с калием или натрием, окрашивая жидкость в превосходный изумрудный цвет. На

основании всех своих опытов *Фреми* рассматривает хлорофилл за смесь двух пигментов желтого (филлоксантина *Фреми*) и филлоцианокислого калия.

Второй способ разъединения ксантофилла и хлорофиллина, предложенный *Краусом*[251], основывается на различной растворимости этих пигментов в спирте и бензине. От примешивания к зеленой вытяжке, произведенной крепким спиртом, бензина получается однообразная зеленая жидкость; если затем к их смеси прибавлять по капле воды и жидкость взбалтывать, то через некоторое время бензин и спирт разъединяются и образуют два совершенно резко разграниченных, различных по окраске слоя: верхний зеленый из бензина и нижний золотисто-желтый спиртовый. Разъединение пигментов, однако, при этом происходит не совсем полное, в чем можно убедиться расследованием оптических свойств каждого из растворов. Более чистыми удается получить пигменты взбалтыванием спиртового раствора с новыми порциями бензина и раствора пигмента в бензине — со спиртом. Хотя повторительным взбалтыванием обеих жидкостей удается достигнуть значительной оптической чистоты каждого из пигментов, но невозможно произвести окончательного их разъединения. Не только опытные показания, но и теоретические соображения, несомненно, свидетельствуют о справедливости этого положения; обе жидкости — бензин и спирт — после разъединения удерживают отчасти одна другую в растворе; кроме того, ни один из пигментов не обнаруживает абсолютной нерастворимости ни в одной из этих жидкостей. Учащенным взбалтыванием удается лишь уменьшить примесь труднее растворимого пигмента, но ни в каком случае невозможно вполне очистить от него жидкость. Доказательством этого может служить, между прочим, описание *Краусом* реакций ксантофилла, очищенного по его способу: очищенный ксантофилл обнаруживал следы флуоресценции и от кислоты принимал синий цвет, следовательно, несомненно заключал следы хлорофиллина.

Примечание. По отношению к полосам поглощения желтые и зеленые пигменты *Крауса* представляют при средней концентрации настолько значительное сходство с показаниями *Тимирязева,* что, отдавая полное преимущество результатам последнего, я нашел возможным воспользоваться рисунками спектров поглощения *Крауса* (см. рис. 69).

Методом *Крауса* воспользовался *Прингсхейм*[252] для изучения оптических свойств вышеназванных пигментов; выделив и очистив по возможности ксантофилл, он нашел, что раствор его не обнаруживал вовсе поглощения между *B* и *C* только в том случае, если толщина слоя раствора была незначительна; при исследовании же спектра поглощения раствора ксантофилла значительной толщины, например при пропускании света сквозь длинную стеклянную трубку, наполненную его раствором и закрытую на обоих концах стеклянными пластинками, в спектре ксантофилла довольно ясно обнаруживались характерные полосы поглощения хлоро-

---

[251] *Kraus.* Zur Kenntniss d. Chlorophyllfarbstoffe u. ihrer Verwandten. 1872.
[252] *Pringsheim.* Monatsb. Berl. Ak. Dec. 1875.

филлина. Из этого совершенно верного наблюдения *Прингсхейм* сделал неправильный вывод: вместо того чтобы признать метод *Крауса* непригодным для преследуемой цели, *Прингсхейм* старался объяснить полученный результат тем, что ксантофилл и хлорофиллин представляют соединения весьма близкие, сходные в оптических свойствах, т. е. поглощают свет в одних и тех же местах спектра; различие спектров поглощения их он приписал исключительно различию в степени поглощения света в соответствующих местах.

Расследования над спектром поглощения спиртовой вытяжки и составных ее частей приобрели особенный интерес с того времени, как удалось убедиться точными опытами в тождественности спектра поглощения спиртовой вытяжки и зеленого пигмента растительных клеток. Посредством специального, для микроспектроскопических расследований построенного спектроскопа *Сорби-Браунинга*[253] сделалось возможным не только с желаемой точностью исследовать спектр поглощения живого листа и сравнить его со спектром поглощения раствора хлорофилла, но и наблюдать спектр поглощения отдельного зерна хлорофилла. Микроспектроскоп вдвигается в трубу микроскопа вместо окуляра; при посредстве его получаются два спектра, вполне сходные и расположенные один над другим; для сравнения спектра поглощения со сплошным спектром получают сперва оба спектра возможно одинаковой напряженности, а затем на пути лучей одного из них вводят предмет, исследуемый на поглощение света. Если на пути лучей одного спектра введен сосуд с раствором хлорофилла, а на пути другого — лист, то получаются два спектра поглощения один над другим, легко сравнимые между собою. Для исследования спектра поглощения листа удаляют предварительно из него воздух посредством воздушного насоса или же сдавливанием листа в большой капле воды между двумя стеклами. Трубку микроскопа без объектива опускают до прикосновения со стеклом, прикрывающим лист. Наиболее характерные полосы поглощения в красных лучах между *B* и *C* и сплошное поглощение противуположного конца спектра выступают чрезвычайно рельефно; остальные три полосы обнаруживаются труднее. При этом легко заметить, что все они получаются в спектре листа несколько смещенными в левую сторону, т. е. к красному концу спектра (см. рис. 69, *IV*). Причина наблюдаемого смещения полос поглощения еще не вполне разгадана; *Краус,* следуя *Кундту*[254], полагает возможным объяснить это различной дисперсией растворителей хлорофилла — спирта и плазмы. *Кундт* нашел, что полосы поглощения растворяемого вещества тем сильнее перемещаются к красному концу спектра, чем больше дисперсия растворителя.

При посредстве микроспектроскопа Сорби-Браунинга удавалось при сильном увеличении наблюдать спектр поглощения отдельного зерна хлорофилла (см. рис. 69, *V*).

---

[253] См. описание этого прибора в сочинении *Крауса: Kraus:* Zur Kenntniss d. Chlorophyllfarbstoffe u. ihrer Verwandten. p. 1 (1872).

[254] *Kundt.* Pogg. Ann. Phys. u. Chem. 1874 (Jubelband). The monthly Microscopical Journ. 1877. V. 17, 225. (Just. Jahresb. 1877, 729).

Почти все исследователи ограничивались изучением оптических свойств хлорофилла и его составных частей, оставляя в стороне получение пигментов в химически чистом виде. Исключение из них представляют работы *Готье* и *Гоппе-Зейлера*, появившиеся в 1879 г.

Некоторое время даже казалась достигнутою главнейшая цель длинного ряда химических исследований над хлорофиллом. Почти одновременно появились две работы, произведенные независимо одна от другой *Готье* и *Гоппе-Зейлером*; результатом обеих было получение зеленого пигмента в кристаллах. *Готье*[255] описал полученные кристаллы за чистый хлорофилл (хлорофиллин), между тем как *Гоппе-Зейлер,* не решаясь отождествлять их с чистым хлорофиллом, назвал выкристаллизовавшийся пигмент *хлорофилланом.*

Для получения кристаллов хлорофилла *Готье* растирал в ступке листья Spinacia, Lepidium sativum и др., прибавив несколько углекислого натрия; истертую массу прессовал, обливал затем спиртом в 55° С, снова подвергал сильному прессованию и, облив спиртом в 83° С, оставлял стоять смесь без нагревания. Хлорофилл переходил в раствор вместе с другими пигментами, воскообразными веществами и жирами; раствор, отделенный от листьев фильтрованием, был смешан с предварительно промытым и сильно нагретым животным углем. Через 4—5 дней раствор оказывался обесцвеченным; зеленый пигмент был поглощен углем, между тем как все примеси оставались в растворе. По удалении жидкости декантированием уголь был всыпан в удлиненную воронку, замкнутую ватой, и подвергнут промыванию спиртом в 65° С; при этом спирт извлекал кристаллизирующееся желтое вещество (ксантофилл?), сопровождающее хлорофиллин. Для извлечения зеленого пигмента *Готье* обрабатывал уголь безводным эфиром или петролейным эфиром, в которых желтый пигмент не растворялся. При выпаривании раствора в темноте, получались достигавшие иногда длины полусантиметра иглообразные кристаллы темно-зеленого цвета, который со временем переходил в желтовато-зеленый или зелено-бурый; на свету они в скором времени обесцвечивались и теряли способность кристаллизоваться.

На основании элементарного анализа *Готье* дает для зеленых кристаллов формулу $C_{19}H_{22}N_2O_3$, близкую к составу билирубина — $C_{16}H_{18}N_2O_3$ [13*].

Кроме четырех органогенов *Готье,* согласно с *Гоппе-Зейлером,* нашел в хлорофилле (хлорофиллине) фосфор и магний. Замечательно, что в нем не оказалось вовсе железа.

Гоппе-Зейлер[256] извлекал хлорофилл (хлорофиллин) из листьев Gramineae; они подвергались в колбе прежде всего действию эфира в продолжение 3 суток сряду; в продолжение этого времени эфир был сменяем 3 раза. Затем, по удалении эфира, листья Gramineae были облиты абсолютным спиртом; жидкость, нагретая до кипения, была оставлена в покое на 24 часа, снова подвергнута вторичному нагреванию и фильтровалась горячею.

---

[255] *Gauthier.* C. R. 89, 861 (1879).

[256] *Hoppe-Seiler.* Zeitschrift. f. physiol. Chemie, B. 3, 339 (1879); его же: О продуктах разложения хлорофиллана, см. там же: 4, 193 (1880); 5, 75 (1881).

При охлаждении концентрированного спиртового раствора осаждались красные пластинки эритрофилла [14*]. Жидкость выпаривалась досуха; из твердого осадка удавалось извлечь водою значительное количество минеральных солей и сахара. Дальнейшее очищение зеленого пигмента было достигнуто растворением его в эфире; по мере испарения на стенках сосуда получались зернистые кристаллы, темно-зеленые — при падающем и бурые — при свете проходящем. После нескольких последовательных промываний и растворений в спирте и эфире получились кристаллы, рассматриваемые *Гоппе-Зейлером* за химически чистый пигмент; ввиду, однако, сизо-зеленого цвета его раствора, ясно разнящегося от изумрудно-зеленого раствора хлорофилла, *Гоппе-Зейлер* назвал полученное соединение *хлорофилланом* [14*]. По его описанию, пигмент этот осаждается из эфирного раствора в виде округлых зерен или пластин; по форме кристаллы напоминали пальмитиновую кислоту, образуя серповидные заостренные тельца, расположенные розеткой или лучеобразными скоплениями; они отличались воскообразной консистенцией и легко прилипали к стеклу.

По мнению *Гоппе-Зейлера*, способом *Готье* невозможно получить вполне очищенного хлорофилла; он полагает, что тело, описанное *Готье* за хлорофилл, есть смесь эритрофилла, хлорофиллана и небольшого количества воска. Если, однако, допустить, что *Готье* анализировал не чистый хлорофилл, то это же самое необходимо принять и касательно хлорофиллана *Гоппе-Зейлера*, так как при элементарном анализе получились обоими экспериментаторами цифры чрезвычайно близкие.

Хлорофилл *Готье* заключал: C=73,97%; H=9,8%; N=4,15%; O==10,33%; золы (фосфорнокислых солей) =1,75%.

Хлорофиллан *Гоппе-Зейлера*: C=73,34%, H=9,72%; N=5,68%; O=9,51%; P=1,38%; Mg=0,34%.

Несмотря, однако, на согласные показания, вопрос о химическом составе зеленого и желтого пигментов нельзя считать законченным. Вслед за работами *Готье* и *Гоппе-Зейлера* появилась статья *Саксе* [257] об этом предмете; не упоминая о предшествовавших исследованиях, *Саксе* рассматривает зеленый пигмент (хлорофиллин) за смесь нескольких зеленых пигментов и предполагает в ксантофилле также смесь нескольких желтых пигментов. Ввиду подобного же взгляда *Стокса* (см. выше) вопрос о составе и числе пигментов, извлекаемых спиртом из растений, должно признать еще открытым. На днях, кроме того, передана мною для напечатания в бюллетене здешней Академии наук статья проф. *Бородина*, в которой он описывает целый ряд новых пигментов, сопровождающих, по-видимому, постоянно хлорофилл. Ему удалось выделить их в виде микроскопических кристаллов из целого ряда растений, принадлежащих к различнейшим семействам.

Примечание. Указания на отложение хлорофилла в виде зеленых кристаллов в растениях были сделаны *Трекюлем* [258] в 1856 г.; он нашел зеленые иглы в клетках

---

[257] *Sachsse*. Phytochem. Unters. 1880, p. 44.
[258] *Trecul*. C. R. 59; 435 (1865) и также C. R. 89, 883 (1879).

подвергнутой мацерации Lactuca altissima и описал их за кристаллы хлорофилла; иглы эти быстро растворялись в спирте и эфире. За недостатком, однако, более точного исследования до сих пор остается под сомнением, насколько эти образования принадлежали хлорофиллу. Мнение *Саксе*[259], будто описанные *Трекюлем* кристаллы не что иное, как обыкновенные рафиды, окрашенные в зеленый цвет осевшим на их поверхность хлорофиллом, опровергается тем, что, по наблюдениям *Трекюля*, зеленые иглы растворялись в алкоголе и эфире. К подобным же загадочным образованиям относятся зеленые и игольчатые кристаллы, указанные *Пенцигом*[260] в кожице Drosophyllum lusitanicum; по растворимости их не только в спирту, но и в горячей воде вряд ли можно предполагать в последних близкое соотношение с хлорофиллом. Сюда же должны быть отнесены зеленые, разнообразной формы кристаллические отложения, осаждающиеся, по показанию *Бородина*[261], вокруг разрезов, обработанных спиртом, после испарения последнего. Будущим исследованиям предстоит выяснить загадочную природу этих образований и определить отношение их к хлорофиллу.

Несмотря на большой интерес точного определения химического состава растительных пигментов, заключенных в спиртовой вытяжке, вопрос этот по отношению к поглощению растением солнечной энергии имеет в настоящее время лишь второстепенное значение сравнительно с исследованием связи между полосами поглощения спиртовой вытяжки и разложением углекислоты на свету зелеными частями растений.

В этом направлении имеются специальные работы *Мюллера, Тимирязева* и *Пфеффера*; вопрос этот нельзя, однако, рассматривать решенным в определенном смысле, так как все трое вышеназванных ученых расходятся во взглядах на этот предмет. *Пфеффер*[262], например, не признает вовсе связи между спектром поглощения хлорофилла и разложением углекислоты и утверждает, что максимум разложения углекислоты находится в желтых лучах и, следовательно, не совпадает ни с одной из полос поглощения хлорофилла. Ввиду, однако, того, что *Пфеффер* определял максимум разложения углекислоты не газометрическим способом, а через отсчитывание пузырьков, выделяемых Elodea canadensis в различных местах спектра, т. е. приемом неточным (см. ниже в главе IV), а также ввиду чрезмерной ширины щели и, следовательно, нечистоты спектра, с которым работал *Пфеффер*, я не придаю этой работе решающего значения. *Мюллер*[263] и *Тимирязев*[264], напротив того, настаивают на преобладании разложения углекислоты в полосах поглощения хлорофилла. Разногласие между ними заключается в том, что *Тимирязев* приписывает наиболее сильное разложение углекислоты красным лучам, между *B* и *C*, между тем как *Мюллер*, доказывавший то же самое раньше Тимирязева, в последних исследованиях утверждает[265], что максимум разложения наблюдается не только между *B* и *C*, но иногда в желтых лучах, между *C* и *D*, во второй полосе поглощения света хлорофиллом.

---

[259] *Sachsse.* Die Chem. u. Physiol. d. Farbstoffe etc., p. 2.
[260] *Penzig.* Unters. üb. Drosophyllum lusitanicum 1877. (Just. Jahresd. 1877, 310).
[261] *Бородин* Труды С.-Петербургского общества естествоиспытателей, 12; 181 (1882).
[262] *Pfeffer.* Bot. Zeit. 1872, p. 425.
[263] *Muller.* Botan. Unters. 1 u. 5.
[264] *Тимирязев.* Об усвоении света растением, извлечение из этой статьи помещено в Ann. Chim. Phys. S. 5, t. 12, p. (1877).
[265] *Müller.* Bot. Unters. 5, p. 389.

Приемы, употребленные *Мюллером* в первой его работе, представляются сходными с методом исследования *Тимирязева*; оба исследователя обращали в одинаковой степени внимание на чистоту спектра, ширина щели которого не превышала в их опытах 1 мм. Работа *Тимирязева* отличается, однако, от работы *Мюллера* более усовершенствованным способом анализа малых количеств газов. Оба исследователя вводили в разные части спектра трубочки с одинаковою смесью газов и возможно сходными отрезками листьев; различие состава газов в разных трубочках в конце опыта служило указанием на ход разложения углекислоты в разных спектральных цветах.

Имея главною целью исследовать, насколько принимают участие в разложении углекислоты лучи света, поглощаемые хлорофиллом, они помещали некоторые трубочки в места спектра, соответствующие полосам поглощения хлорофилла, другие рядом с ними в свете, наименее задерживаемом хлорофиллом. Для точного распределения трубочек с листьями в спектре спектр отбрасывали на чистый белый экран из бумаги. На пути лучей между призмой и экраном помещался стеклянный сосуд с параллельными стенками, заключавший раствор хлорофилла средней концентрации. Вместо сплошной цветной полосы получался вследствие этого на экране спектр поглощения хлорофилла. С помощью его легко было отметить на экране с точностью места полос поглощения и их границы, а также обозначить другие места в спектре, в которые было желательно поместить трубочки с листьями. По удалении сосуда с хлорофиллом без труда удавалось уже расположить трубочки в определенных местах спектра.

Употребление узкой щели при получени спектра, необходимое для чистоты его цветов, влечет за собою большое неудобство — малую напряженность света [15*]. Разложение углекислоты при этом свете получается лишь весьма слабое, так что для точного его определения обыкновенный прием является недостаточным и требуется особенное приспособление для этой цели. Оказывается уже невозможным пренебрегать определением дыхания, т. е. поглощением растением кислорода, сопровождаемым выделением углекислоты. Выше уже было объяснено, что, исследуя обмен газов между растением и атмосферой посредством анализа воздуха, окружающего растение, мы в состоянии только определить степень преобладания одного процесса над другим, но не абсолютные количества разложенной углекислоты или поглощенного кислорода.

Ослабляя постепенно свет, мы дойдем до напряженности, при которой оба эти процесса уравновешиваются, вследствие чего атмосфера, окружающая растение, несмотря на двоякий обмен газами с растением, остается без перемены.

При большем ослаблении света преобладающим является процесс дыхания, так что, несмотря на разложение углекислоты, содержание ее в атмосфере возрастает. Разложение углекислоты прекращается, по всему вероятию, только в отсутствие света; в этом последнем случае процесс дыхания проявляется один и в точности отражается в изменении состава атмосферы.

Основываясь на подобных соображениях, *Мюллер*[266] и *Тимирязев* приняли в своих опытах в расчет процесс дыхания, определяя его посредством трубочки с листом, оставленной в темноте. Количество углекислоты, выделенное листом в этой трубочке, служило в то же время мерилом дыхания листьев, помещенных в подобных же трубочках в различных местах солнечного спектра. Разложение последними углекислоты определялось через вычитание объема углекислоты, найденной в трубочке в конце опыта, из суммы объемов углекислоты, выделенной листом, оставленным в темноте, и углекислоты, введенной в трубочку в начале опыта. Этим способом удалось обнаружить разложение углекислоты даже в таких трубочках, где вследствие преобладания процесса дыхания в конце опыта оказывалось большее количество ее, чем в начале. Наиболее энергичное разложение углекислоты получилось в красном свете и совпадало с полосою поглощения между *B* и *C*.

В последней работе[267] *Мюллер* следовал совершенно иному приему: он определил для большего числа листьев поглощение различных лучей солнечного спектра и произвел новый ряд опытов над разложением углекислоты в спектре; при этом вместо узкой щели он употреблял щель в 6 мм ширины. С помощью светлого, но нечистого спектра он нашел два максимума разложения углекислоты: один в красных, другой в желтых лучах. Резюмируя полученные результаты, *Мюллер* формулирует главнейшее положение следующими словами (на с. 398): «Между всеми лучами спектра наибольшее значение для ассимиляции имеют лучи первой полосы поглощения; лучи спектра менее преломляемые, до желтых, глубже остальных проникают в лист, но вызывают ассимиляцию лишь соразмерно претерпеваемому поглощению». «Из предыдущих результатов следует, что для образования в листе соединений с запасом тепла, выделяемого впоследствии при горении, требуется поглощение света. Этим я не хочу сказать, чтобы лучи полос поглощения обладали специфическою способностью вызывать ассимиляцию; я только считаю доказанным, что все лучи солнца, которые производят ассимиляцию, должны быть ослаблены (листом), как это в действительности и происходит».

В этой форме высказанный взгляд уже близко подходит к воззрению *Пфеффера* и весьма резко разнится от вывода, сделанного *Мюллером* в первой работе. Опыты и выводы, изложенные в ней, он, по-видимому, не считает в настоящее время достаточно доказательными.

Тимирязев, напротив того, продолжает настаивать на связи разложения углекислоты с поглощением света хлорофиллом между *B* и *C*. Особенность работы *Тимирязева*[268] заключается главным образом в приспособлении пипеты Дойэра к несравненно более точному отсчитыванию объема газов, доходящему, по его указанию, до $^1/_{1000}$ и даже $^1/_{10000}$ см^3. Подобно *Мюллеру, Тимирязев* поставил себе задачею расследовать, насколько разложение углекислоты листом в разных лучах спект-

[266] *Müller*. Botan. Unters. 1.
[267] *Müller*. L. c., 5, 301 (1876).
[268] *Тимирязев*. Об усвоении света растением. 1875.

ра находится в связи с полосами поглощения хлорофилла. Для получения спектра свет был пропущен в темную комнату сквозь щель ставни посредством гелиостата Зильбермана; перед щелью помещалось двояковыпуклое стекло с отверстием в 13 см; близ главного фокусного стекла находилась щель Гравезанда шириною не более 1 мм, на некотором расстоянии от нее помещено было другое двояковыпуклое стекло и призма с сероуглеродом. Рассеянный свет был устраняем несколькими экранами. В полученном возможно светлом и чистом спектре были размещены 5 трубочек с отрезками листьев Bambusa в смеси воздуха с 5% углекислоты. Отрезки были взяты по возможности одинаковые; трубочки находились в следующих местах спектра: *самая крайняя* помещалась в красной части, не поглощаемой хлорофиллом; *вторая* — в абсорбционной полосе между *B* и *C*; *третья* — в оранжевой части (во второй абсорбционной полосе); *четвертая* — в самой яркой, желтой, на границе с зеленым цветом, около линии *D*, следовательно, около третьей абсорбционной полосы; *пятая* — в самой светлой зеленой части, влево от абсорбционной линии. Опыт продолжался около 6 часов. Затем был произведен вышеописанным образом анализ газов во всех 5 трубочках, и сравнение полученных чисел с первоначальным составом смеси обнаружило происшедший обмен газов между листом и атмосферой. Контрольная трубочка с листом в темноте и в сходной смеси воздуха и углекислоты служила указанием величины необходимой поправки на дыхание. Полученный *Тимирязевым* результат представлен графически в прилагаемом рисунке (рис. 70).

Если подвести итог всем вышеизложенным работам, сделанным со специальною целью выяснить степень соотношения спектра поглощения хлорофилла с разложением углекислоты, то в результате не получится еще вполне надежного вывода. По моему мнению, преимущество находится, однако, в настоящее время на стороне *Тимирязева*. Приемы, им употребленные, точнее и совершеннее приемов остальных исследователей. Тем не менее ввиду существующих разногласий окончательного разъяснения этого вопроса следует ожидать от дальнейших расследований.

Поэтому неудивительно, что касательно роли хлорофилла высказываются в настоящее время чрезвычайно различные, иногда прямо противуположные взгляды. Между тем как *Тимирязев* и отчасти *Мюллер* полагают, что хлорофилл обусловливает ассимиляцию поглощением света, другие исследователи придерживаются совершенно иных воззрений.

Саксе [269] рассматривает хлорофилл за первый продукт ассимиляции, находящийся в самой тесной связи с углеводами и дубильными соединениями.

Бейер [270], основываясь на сходстве хлорофилла с гемоглобином, полагает, что хлорофилл связывает, подобно последнему, окись углерода во время диссоциации углекислоты на свету, причем поглощенная окись углерода соединяется с водородом и превращается в муравейный альдегид.

---

[269] *Sachsse*. Sitzungsb. d. naturf. Ges. z. Leipzig, 1875, 115. (Just. Jahresb. 1876; 327).
[270] *Baeyer*. Ber. d. d. Chem. Ges. 3, 63 (1870).

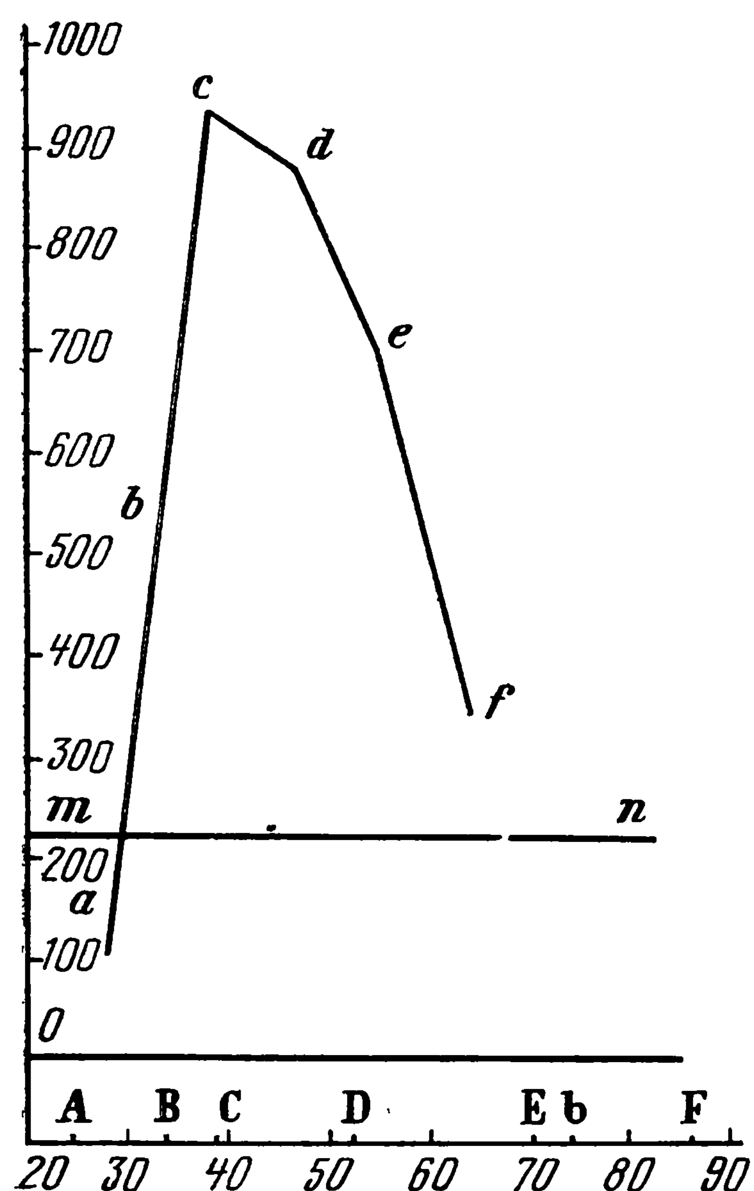


Рис. 70. Кривая *abcdef*, соединяющая концы ординат, восстановленных из мест спектра, где находились трубочки с листьями, выражает разложение углекислоты листьями в солнечном спектре. Для получения этой кривой Тимирязев «восставил ординаты, соответствующие пяти частям спектра, в которых производились опыты; они представляют столбы углекислоты (исчезнувшей или образованной) в шейке эвдиометра Тимирязева в удвоенном масштабе». Черта, обозначенная через 0, представляет положение, в котором нет ни разложения, ни образования углекислоты; величины над чертою изображают количество разложенной величины, под чертою — образовавшейся углекислоты. Расстояния на оси абсцисс взяты произвольные и равные. «Результаты опытов (произведенных с сероуглеродной призмой) были перечислены на флинтгласовую призму (с которой определялся спектр хлорофилла). Для этого Тимирязев поступил следующим образом: вычислил среднюю из шести опытов; определил количество углекислоты, выделяемое средним числом, тою же поверхностью листа, за тот же промежуток времени, в темноте; прибавил это количество ко всем величинам, показывающим количество разложенной углекислоты, вычел из этого числа количество углекислоты, образовавшейся в некоторых трубках. Эти суммы и разности дали ему количества углекислоты, действительно разложенные под различными лучами. Полученные (для всех трубок положительные) величины Тимирязев перемножил на показатели отношения дисперсии (соответствующих лучей сравниваемых между собою призм) и полученные величины восставил из точек спектра, в которых находились трубки. В результате получилась линия *abcdef*, изображенная на рисунке. Нижняя горизонтальная линия представляет настоящую нулевую линию (абсолютный нуль); т. е. положение, где вовсе не разлагается углекислота; считая от нее, ординаты представляют действительно разложенные количества углекислоты. Линия *mn* представляет относительный нуль, т. е. положение, где оба противоположные процесса уравновешиваются: считая от нее вверх, мы получим количество углекислоты исчезнувшей (т. е. заменившейся кислородом)»

По *Пфефферу*[271], «роль хлорофилла в ассимиляции остается совершенно неопределенною, так как не имеется, по его мнению, даже точных указаний на то, участвует ли хлорофилл непосредственно или только посредственно в ассимиляции; тем менее возможно высказаться положительно о характере активного участия хлорофилла в этом процессе».

Герланд[272] находит возможным отрицать значение хлорофилла в процессе ассимиляции; по его мнению, главную роль при этом играет бесцветная плазма зерен хлорофилла.

Совершенно иную функцию приписывает хлорофиллу *Прингсхейм*[273]. По его мнению, хлорофилл не участвует непосредственно в ассимиляции,

[271] *Pfeffer.* Pflanzenphysiol. B. 1, p. 186 (1881).
[272] *Gerland.* Ann. d. Phys. u. Chem. 1873, N 1.
[273] *Pringsheim.* L. c.

как это теперь почти всеми принимается, а содействует накоплению углеродистых соединений в растении только тем, что защищает их от быстрого разложения светом. *Прингсхейм* принимает, что в зеленых частях растений на свету синтез органических соединений начинается с образования открытого им тела — гипохлорина, и утверждает, что гипохлорин и ближайшие продукты ассимиляции образуются во всей плазме клеток, независимо от хлорофилла.

Примечание. Под именем гипохлорина *Прингсхейм* подразумевает соединение, близкое по свойствам к легкоокисляющимся смолистым веществам, образующееся на свету и находимое в зернах хлорофилла. Если на зеленую ткань подействовать горячей водою или оставить разрез в парах кипящей воды, то однообразная зеленая масса зерна хлорофилла разъединяется на две части; из бесцветной основной плазмы зерна выступает кнаружи капля зеленого цвета, составленная из легко растворимых в спирте и эфире соединений, среди которых находится и гипохлорин *Прингсхейма*. При действии на препарат соляной кислоты (смеси из 1 части соляной кислоты и 4 частей воды) в зернах (лентах) хлорофилла местами обнаруживается другая характерная реакция; в большей части случаев места эти принимают бурую окраску и, постепенно отвердевая, вырастают в отроги различной величины; основную массу этих образований составляет, по *Прингсхейму*, гипохлорин. На остальном протяжении как зерна, так и ленты хлорофилла не обнаруживают ничего подобного и только принимают от соляной кислоты несколько иной зеленый оттенок. Последующими работами *Франка* [274] и *Виснера* [275] выяснилось, что гипохлорин *Прингсхейма* нечто иное, как хлорофилл, измененный соляной кислотой; в присутствии небольшого количества соляной кислоты хлорофилл превращается в бурые массы, которые от избытка соляной кислоты принимают сизо-зеленый цвет. *Виснеру* удалось получить тождественные образования в растворе хлорофилла; от первых капель соляной кислоты получался тождественный с гипохлорином *Прингсхейма* темно-бурый осадок, который от избытка кислоты принимал сизо-зеленый цвет.

Согласно с показаниями всех остальных физиологов, *Прингсхейм* находил крахмал (а также и гипохлорин) отложенными исключительно в зернах и лентах хлорофилла, но объясняет и это обстоятельство в свою пользу тем, что образующиеся в бесцветной плазме продукты синтеза под влиянием усиленного дыхания на свету столь быстро сгорают, что не успевают накопляться, между тем как в зернах хлорофилла, под защитой пигмента, образование их получает перевес над разрушением, вследствие чего и появляются в окрашенной хлорофиллом плазме вышеописанные отложения.

Не имея возможности входить в подробную оценку теории *Прингсхейма*, я ограничусь здесь только краткими замечаниями. В подтверждение своего взгляда он приводит: 1) целый ряд опытов над влиянием белого света и цветного весьма большой напряженности; 2) наблюдения над строением и составом зерен хлорофилла и 3) критический разбор господствующей теории ассимиляции и роли хлорофилла в этом процессе.

Опыты в концентрированном солнечном свете состояли в следующем: *Прингсхейм* получал посредством собирательного стекла [16*] маленькое изображение солнца и наблюдал изменения в клетках, подвергнутых дей-

---

[274] *Frank.* Sitzungsb. d. botan. Vereins d. Provinz Brandenburg 23; Febr. 24; 1882. (Uhlw. Bot. Centralbl. B. 10, 288).
[275] *Wiesner.* Uhlworm. Bot. Centralbl. B. 7, 260 (1882).

ствию этого света, устанавливая препарат на различном расстоянии от фокуса стекла. Темные тепловые лучи были устранены посредством различных приспособлений; тем не менее действие света было столь сильное, что немногих минут оказывалось достаточно, чтобы не только обесцветить освещаемое место клетки, но и убить всю клетку. Для опытов служили преимущественно большие клетки Spirogyra, Chara и Vaucheria. *Прингсхейм* убедился, что в капле, где лежал препарат, температура в продолжение опыта не поднималась выше предела температуры, пригодной для развития растений; доказательством служили положенные в каплю микроскопические кусочки ментеновой камфоры, плавящейся при 45° С, и азоксибензола с точкой плавления при 35—36° С. Только в красном свете (за слабым раствором йода в сернистом углероде) обнаружилось плавление ментеновой камфоры [17*], что указывало на поднятие температуры до 45°; в остальных же цветных лучах (за раствором хлористой меди и за раствором сернокислой меди в аммиаке) кусочки азоксибензола оставались без перемены, следовательно, температура не достигала даже 35° С. При сравнительных опытах наиболее быстрое изменение в содержимом клеток обнаруживалось между тем за раствором сернокислой меди в аммиаке, меньшее — в зеленых лучах и еще меньшее — в красных, несмотря на более возвышенную температуру капли в красном свете. Отсюда *Прингсхейм* заключил, что наблюдаемые изменения — обесцвечение и разрушение плазмы — суть действия фотохимические. Изменения эти удавалось устранить, окружая препараты атмосферой, лишенной кислорода; в атмосфере водорода или в смеси водорода с углекислотой препарат оставался совершенно живым, без изменения, в то время как другой подобный, оставленный на воздухе, быстро обесцвечивался и отмирал, по крайней мере в месте, подвергнутом действию света. На основании этих данных *Прингсхейм* принимает, что сильный свет усиливает окисление, т. е. дыхание растения, до такой степени, что при известной напряженности света процессы окисления могут уравновешивать или даже превышать на свету процессы синтеза, сопровождаемые выделением кислорода.

Опыты *Прингсхейма*, интересные сами по себе, не могут служить еще достаточным подкреплением его выводов; они еще не убеждают в повышении дыхания на свету в той мере, как предполагает *Прингсхейм.*

На этом недоказанном положении *Прингсхейм* строит и все дальнейшие выводы: о быстром разрушении углеродистых соединений под влиянием света, о несуществовании связи между процессами синтеза и хлорофиллом; исходя из последнего положения, он старается далее опровергнуть важнейшие выводы господствующей теории ассимиляции, приписывая хлорофиллу лишь роль ширмы, предохраняющей продукты ассимиляции от разрушения светом.

Не соглашаясь с основным положением, я не могу сочувствовать построенным на нем выводам; признавая вместе с *Прингсхеймом* слабые стороны в господствующей теории ассимиляции и не разделяя вполне взглядов *Сакса* и его школы, как видно из всего вышеизложенного, я в то же время не вижу основания присоединиться к теоретическим обобще-

ниям *Прингсхейма*, которые, по моему мнению, более насилуют факты, чем господствующая теория ассимиляции. К сожалению, результаты его работы чрезвычайно затемнены вышеизложенными теоретическими соображениями, которые едва ли найдут сочувствие в среде специалистов-физиологов.

Примечание. Воззрения *Прингсхейма* подверглись уже обстоятельной критике со стороны *Тимирязева*[276]. Хотя разбор *Тимирязевым* теории *Прингсхейма* в значении хлорофилла появился раньше опубликования подробной работы *Прингсхейма*, тем не менее он вполне сохранил свое значение и в настоящее время. Ожесточенным нападкам подверглись исследования *Прингсхейма* со стороны *Ганзена*, неизвестного, по-видимому, только выступившего на научное поприще ученика *Сакса*[277]. Статья *Ганзена* представляет обстоятельное изложение истории разработки процесса ассимиляции; к сожалению, чтение ее производит тяжелое впечатление вследствие пристрастного изложения истории этого вопроса за последнее время. Учителю своему *Саксу Ганзен* приписывает значение, далеко превышающее его научные заслуги; на с. 583 он называет его творцом законченной теории ассимиляции, на с. 594 – основателем физиологии растений как науки. Между тем на всякого, знакомого с этою отраслью знания, при всем уважении к многочисленным работам *Сакса* подобная похвала может произвести лишь впечатление беззастенчивой рекламы. Никто из физиологов не может считать теорию ассимиляции законченной; разработка ее только началась, о ходе синтеза имеются лишь теоретические соображения, лишенные необходимой фактической подкладки, так что о творце законченной теории ассимиляции в настоящее время и речи быть не может. Насколько *Сакс* является единственным творцом научной физиологии растений, видно из представленного мною по возможности беспристрастного обзора разработки вопроса о питании растений. Неприятное впечатление неумеренной похвалы *Саксу* усиливается значительно тем, что статья эта не только была допущена *Саксом* к напечатанию в виде диссертации, но и помещена на страницах журнала, им издаваемого. Если бы при всем этом *Ганзен* ограничился слепым поклонением своему учителю, принимая на веру каждое его слово, то это свидетельствовало бы только о недостаточной зрелости автора для разработки истории науки. Но в статье его неумеренные похвалы *Саксу* перемежаются с крайне грубыми и дерзкими выходками против одного из наиболее уважаемых и авторитетных ботаников – *Прингсхейма*. Вследствие этого последняя половина труда *Ганзена*[278] производит очень неприятное впечатление, и приходится только удивляться, что в конце статьи автор с самодовольством заявляет, что закончил свою задачу «представить верную картину роста (нашей) науки в одной из небольших ее областей».

См. ответную статью *Прингсхейма Саксу*: Ueber Chlorophyllfunction und Lichtwirkung in der Pflanze (Offenes Schreiben an die Philosophische Facultät der Universität Würzburg zur Abwehr). 1862.

Из всех вышеприведенных исследований касательно усвоения солнечной энергии при синтезе органических соединений выяснилось следующее.

1. Из органических соединений только относительно одних углеводов известно, что они образуются (из углекислоты и воды) с поглощением солнечной энергии, при этом, однако, необходимо иметь в виду, что не определено, сами ли углеводы непосредственно образуются при содействии солнечной энергии, или происходит при этом какое-нибудь более простое органическое соединение, из которого уже строятся углеводы.

[276] *Тимирязев.* Разбор теории *Прингсхейма* о физиологическом значении хлорофилла (отдельный оттиск).
[277] *Hansen.* Arbeit. d. bot. Instituts z. Würzburg. B. 2. H. 4, p. 537.
[278] *Hansen.* L. c., p. 626.

В настоящее время по крайней мере нет указаний на соединение, которое бы служило переходною ступенью к образованию углеводов.

2. Оказалось, что только определенные лучи солнечной энергии вызывают синтез углеводов — лучи световой части спектра, менее преломляемой его половины; более точного расследования связи лучей определенной длины волн с разложением уклекислоты не имеются.

3. Синтез углеводов найден происходящим только в хлорофиллоносных клетках; определить же роль хлорофилла в синтезе углеводов пока еще не удалось.

Механические действия солнечной энергии на растения

Кроме своеобразных химических процессов синтеза органических соединений, солнечная энергия вызывает в растениях различные механические действия, сопровождаемые превращением калорической (световой) энергии в механическую энергию, в движение массы.

Механические действия солнечной энергии на растения весьма разнообразны и представляют две группы явлений совершенно различных: к одной относятся вызываемые светом передвижения частей растений или даже целых организмов (водорослей); другую группу составляет обусловливаемое солнечной энергией передвижение по растению твердых, жидких и газообразных тел, которое находится в тесной связи с принятием растениями из окружающей среды различных соединений и с выделением их из растения. В настоящей главе я ограничусь характеристикой передвижений растений, вызываемых светом; передвижение веществ по растениям, обусловливаемое солнечной энергией, будет изложено в главе IV.

Перемещения частей растений и целых организмов (водорослей) представляют в данном случае особенный интерес, так как ими осуществляются весьма любопытные приспособления растений для занятия положения, наиболее выгодного по отношению к падающему свету. Вполне точное и ясное изложение исследований над движением растений под влиянием света невозможно без подробного ознакомления с остальными родами движений, вызываемых в растениях частью внутренними, частью различными внешними причинами. Здесь я постараюсь только вкратце охарактеризовать вызываемые светом движения растений, отсылая читателя, желающего более обстоятельно ознакомиться с этим предметом, ко второй части физиологии *Пфеффера* [279].

Передвижения, обнаруживаемые в растениях под влиянием света, удобно распределяются в три категории: 1) передвижения частей содержимого клеток, именно зерен хлорофилла (и плазмы?); 2) передвижения органов растений, преимущественно стеблей и листьев, 3) перемещения целого организма — зооспор и некоторых подвижных форм водорослей.

---

[279] *Pfeffer*. Pflanzenphysiologie. B. 2, 1881.

Перемещения зерен хлорофилла под влиянием света

Первые наблюдения касательно перемещений зерен хлорофилла под влиянием света были произведены *Бемом*[280] над целым рядом растений из сем. Crassulaceae. Он нашел, что расположение зерен хлорофилла менялось сообразно с напряженностью света; в растениях, непосредственно освещенных солнцем, они оказывались собранными в кучки вокруг ядер клеток; на свету рассеянном, напротив того, являлись разъединенными и располагались по своей стенке клетки. Ему удалось, меняя освещение, изменять по произволу распределение зерен хлорофилла.

Затем мною[281] было указано на перемещение зерен хлорофилла, вызываемое светом в клетках листьев мха Mnium. Объект этот оказался особенно пригодным отчасти потому, что пластинка листа Mnium, за исключением срединного нерва, однослойная и совершенно прозрачная, отчасти потому, что зерна хлорофилла продолжали перемещаться нормальным образом и в отрезанных листьях, которые непосредственно могли быть наблюдаемы под микроскопом. При освещении лампою зерна хлорофилла располагались одним слоем на обеих свободных поверхностях клеток, на верхней и нижней сторонах; при перенесении в темноту они переползали на вертикальные, боковые стороны, которыми клетки листа Mnium примыкают одна к другой. Располагаясь на верхней и нижней сторонах клеток листа Mnium, зерна хлорофилла занимали положение, наиболее выгодное для получения максимума количества света. На свободных поверхностях клетки, перпендикулярных к направлению лучей, они предоставляли действию света большую поверхность, чем на боковых стенках, параллельных лучам света. В первом случае все зерна хлорофилла освещались одинаковым образом; во втором только ближайший к источнику света ряд зерен подвергался непосредственному действию света; все же остальные, затененные в различной степени ближайшими к свету зернами хлорофилла, получали лишь свет ослабленный. Кроме того, каждое зерно хлорофилла в отдельности получало на стенках внешних больше света, чем на боковых, вследствие того, что у Mnium зерна хлорофилла имеют форму плоских кружочков и обращены к оболочке плоскою стороною. На сторонах клетки, перпендикулярных к направлению падающих лучей, зерна хлорофилла освещались с плоской стороны; переместившись на боковую стенку, они становились к свету ребром и получали поэтому меньшее количество света.

Мне удалось, кроме того, показать, что передвижение зерен хлорофилла производится более преломляемыми лучами спектра. В синем ламповом свете, за раствором окиси меди в аммиаке, получалось передвижение столь же быстрое, как и в полном свете; напротив того, за раствором двухромовокислого калия зерна хлорофилла переползали, как в темноте, на боковые стенки клеток. Результаты эти были подтверждены *Бородиным* и другими исследователями.

[280] *Boehm.* Sitzungsb. d. Wien. Ak, 22, 479 (1856) u. 37, 453 (1859).
[281] *Famintzin.* Mélanges biol. d. L'Acad. de St. Pétersbourg, 6, Pringsheim Jahrbüch. 6, 43 (1867–68).

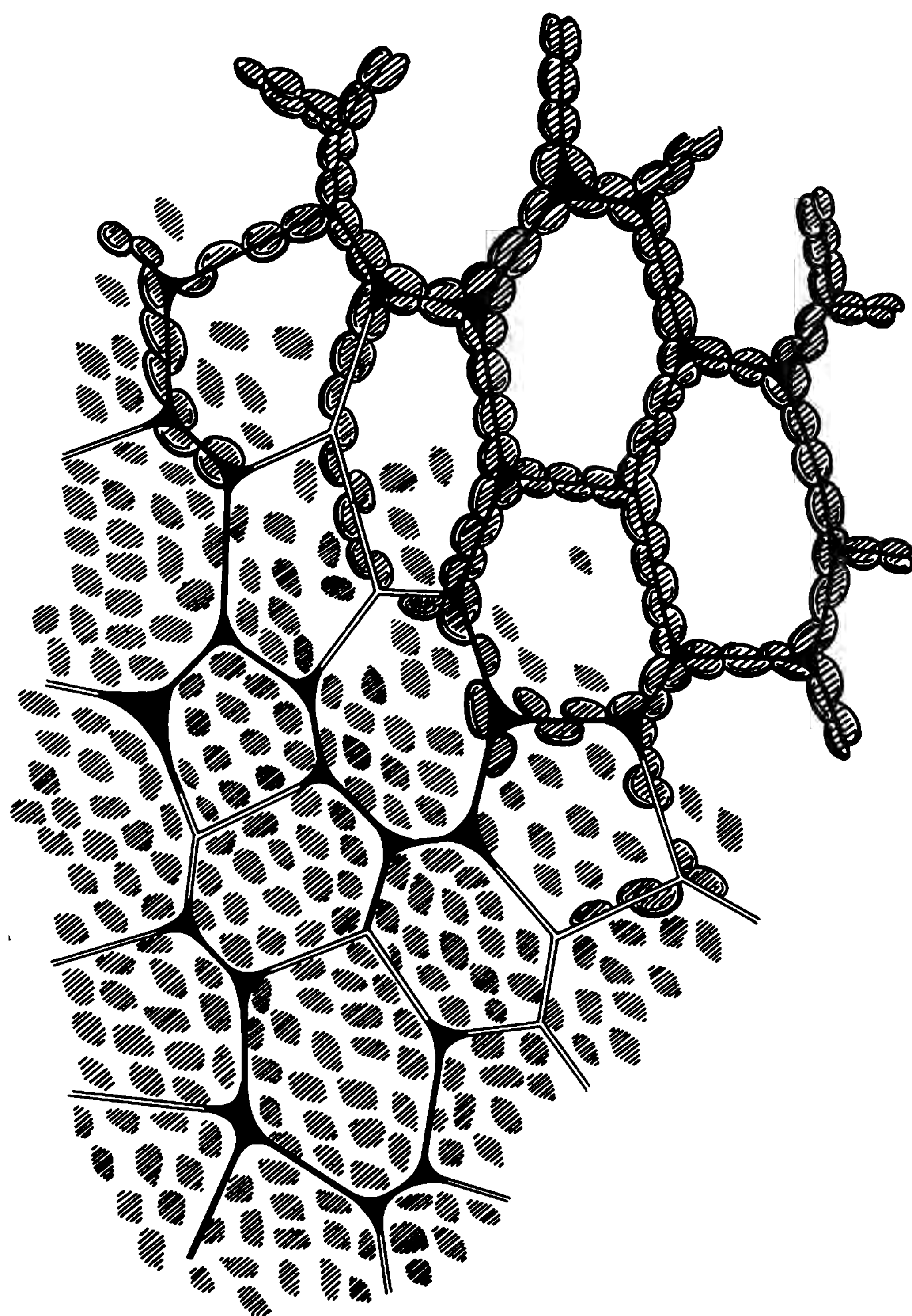


Рис. 71. Lemna trisulca

На рисунке изображены несколько клеток паренхимы с хлорофиллом; прикрывающая их кожица не нарисована. Различное распределение хлорофилла было вызвано в них тем, что клетки верхней части рисунка непосредственно освещались солнцем, между тем как нижние были затенены и находились в рассеянном свете. Влияние различного освещения на распределение зерен хлорофилла одинаково рельефно выразилось в разных частях клеток, на границе света и тени; смотря по освещению, зерна хлорофилла расположились различно в разных частях каждой клетки

Бородин[282] проверил мои наблюдения при посредстве дневного света и подтвердил, что на рассеянном свету зерна хлорофилла занимают указанное мною положение. Подобное же перемещение обнаружили, по его опытам, зерна хлорофилла заростков папоротников и некоторых цветковых растений, например Lemna. Подвергая эти растения непосредственному солнечному освещению, *Бородин* заметил обратное переползание зерен хлорофилла на боковые стенки; при этом они ставились ребром к свету и, затеняя друг друга, образовали в каждой клетке зеленый ободок, прилегающий к внутренней стороне оболочки. Различие в расположении их обнаруживалось даже в одной и той же клетке, если случайно часть ее была затенена, а другая непосредственно освещалась солнцем (рис. 71).

См. также: *Frank Prings.* Jahrb. 8; 244 (1872). *Prilleux* C. R. 78; 506 и 750; и *Stahl* Bot. Zeit. 1880, 364.

Особенно интересны описанные *Сталем* перемещения зерен хлорофилла под влиянием света различной напряженности в водорослях Vaucheria и Mesocarpus. У Vaucheria в рассеянном дневном свете они выстила-

[282] *Borodin.* Mélanges biol. de l'Acad. de St. Pétersbourg, 7, 59 (1869).

ют ее стенки равномерным слоем; при непосредственном же освещении солнцем переползают на боковые стороны клетки, совпадающие с направлением падающих лучей; нить Vaucheria является под микроскопом окаймленною двумя зелеными полосами, между тем как верхняя и нижняя стороны ее оказываются совершенно свободными от зерен хлорофилла. В рассеянном дневном свете зерна хлорофилла вновь располагаются по всей поверхности нити Vaucheria равномерным слоем. В водоросли Mesocarpus их заменяет в каждой клетке зеленая пластинка плазмы, расположенная по оси клетки; пластинка эта тянется от одного конца клетки до другого. На рассеянном дневном свете она становится к свету плоскою стороною; при посредственном освещении солнцем она повертывается к свету ребром, закручиваясь вокруг собственной оси. Из многих других интересных наблюдений *Сталя,* относящихся частью до цветковых, частью до споровых растений, я остановлюсь еще только на характерном приспособлении зерен хлорофилла к свету в паллисадовых клетках листьев некоторых цветковых растений. В этих клетках зерна хлорофилла располагаются обыкновенно одним слоем на боковой стенке клетки, перпендикулярной к поверхности листа, между тем как верхний и нижний концы клеток остаются от них свободными. Зерна хлорофилла, лишенные в этих клетках способности передвигаться, обнаруживают изменение формы сообразно с напряженностью света; на свету рассеянном они увеличивают свои размеры параллельно поверхности листа и выпячиваются значительно в полость клетки; при непосредственном же освещении листа солнцем они, напротив того, сплющиваются в этом направлении, расплываясь по боковой стенке клетки. Наблюдения эти, сделанные уже давно *Микели* [283], были забыты; *Сталь* проверил и подтвердил их.

Передвижение органов растений от света

Ежедневные наблюдения показывают, что выращиваемые на окнах растения повертывают листья к свету верхнею поверхностью. Если растение с направленными к свету листьями перевернуть на 180°, так чтобы листья обращены были в комнату, то по прошествии некоторого времени они вновь повертываются к свету. Нетрудно убедиться, что чаще всего изменение в положении листьев производится посредством дугообразного изгиба черешка, реже при посредстве сочленения. Подобное же направляющее действие оказывает свет и на стебель; при одностороннем освещении стебель изгибается дугою в плоскости падающих лучей; в большинстве случаев на дневном свете стебель наклоняется к свету; сравнительно редко (Hedera Helix) он изгибается от света, обращая вершину в сторону наименее освещенную.

Изменения в положении органов растения светом обнаруживаются преимущественно в нарастающих частях; иногда же наблюдаются в органах вполне выросших, например в сочленениях листьев многих растений.

---

[283] *Micheli.* Archiv. d. Sciences d. l. Biblioth. Univers. d. Genéve, 29, 26 (1876).

В первом случае светом вызывается нарушение равномерного роста органа; во втором орган изгибается вследствие нарушения напряженности тканей на сторонах освещенной и затененной.

Проявляемая растениями способность ставить органы в определенное положение относительно света при одностороннем освещении обозначается названием *гелиотропизма* [18*]; отличают гелиотропизм положительный, когда орган растения наклоняется к свету, и *гелиотропизм отрицательный*, когда часть растения изгибается в сторону наименьшего освещения. При этом под названием гелиотропических движений подразумевают (*Виснер*) или одни только изгибы от света нарастающих частей растений, или причисляют (*Пфеффер*) к гелиотропическим движениям также перемещения, причиняемые светом в выросших частях растений.

По отношению к гелиотропизму растений удалось получить следующие интересные результаты: 1) характер гелиотропизма обусловливается не только расследуемым органом, но и напряженностью; 2) гелиотропизм вызывается всего сильнее светом слабым, причем, однако, оптимум напряженности для разных растений различный; 3) гелиотропизм меняется с возрастом органа; по мере разрастания органа он слабеет и часто переходит со временем в диаметрально противуположный; 4) гелиотропические изгибы производятся преимущественно синими, фиолетовыми (и ультрафиолетовыми) лучами; 5) сопровождаются фотомеханической индукцией и 6) осевые органы стремятся поставить ось свою по направлению лучей, листовые пластинки, напротив того, располагаются в плоскости, перпендикулярной к падающему свету [19*].

Прежде предполагали, что каждой части определенного растения свойствен постоянно один только род гелиотропизма, положительный или отрицательный. *Гофмейстер* [284] первый наблюдал, что направление изгиба под влиянием света не есть нечто присущее исследуемой части растения, но зависит в высокой степени от напряженности света. В настоящее время известно довольно много примеров частей растений, проявляющих различный гелиотропизм, смотря по напряженности света. Листцы некоторых печеночных мхов, ножки спорогониев Fegatella, заростки папоротников, занимающие в темноте вертикальное положение, изгибаются различно под влиянием одностороннего освещения: если свет слабый, то они наклоняются к свету; на сильном свету образуют дугу, направленную в сторону противуположную.

Примечание. Об участии в описываемых изгибах *фотонастического* действия света см. указанную выше физиологию *Пфеффера*.

Совершенно подобное отношение к свету наблюдал *Виснер* [285] в усиках Vitis и Ampelopsis, *Сталь* [286] — на Vaucheria. При боковом освещении слабым светом усики изгибались к свету; на сильном свету отворачивались в сторону противуположную. Укоренившаяся в земле Vaucheria при слабом боковом освещении обнаруживала положительный

---

[284] *Hofmeister.* Pflanzenzelle, 1867, p. 294.
[285] *Wiesner.* L. c., 2, 38.
[286] *Stahl.* Bot. Zeit. 1880, p. 412.

гелиотропизм; под влиянием сильного света изгибалась в сторону противуположную и становилась перпендикулярно к падающему свету.

Особенно чувствительными к свету различной напряженности оказались проростки некоторых растений (Vicia sativa). *Виснер*[287] с точностью мог определить в каждом частном случае наиболее пригодную напряженность света, заменив изменчивый дневной свет газовым определенной напряженности. Источником света служило *Виснеру* газовое пламя в 6,5 спермацетовых свечей. Самое сильное фотомеханическое действие на проростки происходило на известном расстоянии от пламени. Растения ближе поставленные, так и более далекие склонялись к свету тем слабее, чем дальше они были удалены в ту или другую сторону от оптимума действия света. На очень близком расстоянии от пламени гелиотропизм вовсе не проявлялся, так же как и на очень далеком, где свет был настолько ослаблен, что не действовал более на растения. Превращения положительного гелиотропизма проростков в отрицательный *Виснеру* вызвать в них, однако, не удалось.

При одностороннем освещении слабым светом молодые нарастающие осевые части оказались обладающими в большинстве случаев положительным гелиотропизмом; с возрастом органа последний постепенно слабеет и даже переходит в отрицательный; делаясь менее чувствительными к свету, осевые части проявляют к концу разрастания отрицательный гелиотропизм и притом только под влиянием света большой напряженности.

По новейшим наблюдениям *Виснера*[288], согласно с прежними показаниями, гелиотропические изгибы всего сильнее вызываются фиолетовыми и ультрафиолетовыми лучами; максимум действия оказался на границе между ними. Переходя к лучам меньшей преломляемости, *Виснер* нашел постепенное ослабление гелиотропического действия света до зеленого цвета; в желтых лучах растения оставались совершенно прямыми. По другую сторону желтых лучей, в менее преломляемой части спектра, проявляется, по *Виснеру*, вновь слабый гелиотропизм в оранжевых лучах, более сильный — в красных и еще больший — в ультракрасных, т. е. темных тепловых лучах. Поэтому *Виснер* приписывает фотомеханическое действие на растения всем лучам, за исключением желтых.

Ввиду, однако, указания *Виснера*[289], что сравнительно с влиянием фиолетовых (и ультрафиолетовых лучей) фотомеханическое действие менее преломляемой половины спектра столь слабо, что лишь наиболее чувствительные к свету растения (проростки Vicia sativa) обнаруживали в этой половине спектра гелиотропические изгибы, я полагаю возможным и в настоящее время считать синие, фиолетовые и ультрафиолетовые лучи в большинстве случаев обусловливающими преимущественно, если не исключительно, гелиотропические движения растений.

---

[287] *Wiesner*. Denkschrift. d. mathem. naturw. Classe d. Wiener Ak. B. 39, p. 143 (1878); 43, 1 (1882).
[288] *Wiesner*. L. c., 1, p. 190.
[289] *Wiesner*. L. c., 1, p. 49.

Дальнейшей характерной особенностью изгибов растений под влиянием света служит открытая *Мюллером* и разработанная *Виснером*[290] *фотомеханическая индукция.* Для проявления ее представляют растения одностороннему освещению короткое время, и, когда не обнаруживается еще следа изгиба, растение переносят в темноту. Через некоторое время, несмотря на отсутствие света, растение изгибается сообразно с проявляемым гелиотропизмом или в сторону, предварительно подвергнутую действию света, или же в направлении диаметрально противуположном. Подобные наблюдения ясно показывают, что гелиотропическое передвижение вызывается светом не непосредственно, а при последовательном участии целого ряда неведомых промежуточных процессов, требующих для своего проявления значительного времени; самый же изгиб, как видно из предыдущего, не нуждается в непосредственном влиянии света.

Бо́льшая часть исследований над гелиотропизмом растений относится до осевых частей. Из наблюдений и опытов над ними выведены все вышеприведенные результаты. Между тем в настоящем случае при исследовании фотомеханического действия солнечной энергии как способа перемещения органов растения в наиболее выгодное положение по отношению к падающему свету наибольший интерес представляют для нас расследования положений, занимаемых на свету не осевыми органами, но ассимилирующими листовыми пластинками. Всякому известно, что положение их обусловливается падающим светом. В большинстве случаев выросшие пластинки занимают определенное положение постоянно или же изменяют его в известных пределах.

К числу интереснейших результатов работы *Виснера*[291] принадлежит следующий: *листовая пластинка на свету занимает такое положение, при котором она получает возможно большее количество рассеянного дневного света.* Отсылая читателя к работе *Виснера* для ознакомления с приведшими его к этому результату опытами, а также и с изложением не установившихся еще воззрений о причинах, переводящих листовую пластинку в означенное положение, я ограничусь здесь только указанием на различие положений, в которые становятся по отношению к падающему свету осевые части и листовые пластинки: первые, как мы видели, стремятся стать в направлении падающих лучей, между тем как последние становятся в плоскости, перпендикулярной к падающему свету, обращая к нему всегда верхнюю, морфологическую поверхность.

Какими бы причинами ни обусловливалось на свету передвижение листовой пластинки и какое бы объяснение ему ни давали, результат произведенных опытов остается неизменным: *под влиянием света ассимилирующие органы растений переводятся в положение, наиболее пригодное для усвоения солнечной энергии, при посредстве которой производится синтез органических соединений; причем наблюдаемые передвижения ассимилирующих поверхностей листьев вызываются преимущественно, если не исключительно, лучами более преломляемой части спектра, отличными от тех, которые производят синтез органических соединений.*

[290] *Wiesner.* L. c., 1, p. 49.
[291] *Wiesner.* L. c., 2, p. 44.

Перемещение от света зооспор и некоторых подвижных форм водорослей (Oscillarieae, Diatomaceae, Desmidiaceae, Volvocineae)

Передвижение от света зооспор давно уже было известно. Оно обнаруживается немедленно во всяком плоском сосуде с водою, содержащей зооспоры. Обыкновенно со стороны окна появляется вдоль стенки сосуда зеленая полоска, составленная исключительно из двигающихся зооспор. При затенении полосы зооспоры разбегаются и полоска почти моментально исчезает. Стоит только отодвинуть затеняющий предмет, чтобы вновь вызвать образование полоски. При этом иногда случается наблюдать одновременное появление двух полосок: одной со стороны окна и другой на стороне противуположной, обращенной в комнату. Обе полоски проявляются особенно ясно, если часть сосуда с водою затенить дощечкой со стороны комнаты. Нетрудно убедиться, что полоска, ближайшая к окну, составлена из зооспор, стремящихся к свету; уже выше было указано, что при затенении она моментально исчезает; наоборот, полоска, образовавшаяся близ стенки сосуда, обращенной внутрь комнаты, уничтожается, если снять затенявший ее предмет, что ясно указывает на стремление составляющих ее зооспор отыскивать место, наименее освещенное.

Мною [292] впервые было совершенно определенно указано на то, что зооспоры (и подвижные формы водорослей), двигаясь под влиянием света, отыскивают свет средней напряженности, избегая, с одной стороны, слишком яркого света, с другой — темноты. Выводы мои, оспариваемые *Саксом* и *Шмидтом*, были подтверждены в 1878 г. исследованиями *Страсбургера* [293]. Им же было проверено указание *Кона* [294] относительно того, что только лучи более преломляемой половины спектра вызывают движения зооспор и подвижных водорослей [20*]. За синим раствором окиси меди в аммиаке зооспоры собирались в полости столь же быстро, как на дневном свете. Максимум действия света на зооспоры обнаружился между линиями *F* и *G* [295]. Чрезвычайно любопытные данные о движении Desmidiaceae, Diatomaceae и Oscillaria под влиянием света приведены в исследовании *Сталя* [296]. К сожалению, я не имею возможности входить здесь в их описание и принужден ограничиться ссылкою на его труд.

Из вышеприведенного краткого обзора исследований фотомеханического действия солнечной энергии вытекают следующие выводы.

1. Передвижения частей растений и цельных организмов, вызываемые светом, имеют целью поставить растение в условия, наиболее благоприятные по отношению к падающему свету. Цель эта достигается в растениях, неподвижно прикрепленных к почве: а) передвижением зерен хлоро-

---

[292] *Фаминцын.* Действие света на водоросли. 1866; также в: Pringsheim. Jahrbüch, 6, 18 (1867–68).

[293] *Strasburger.* Wirkung d. Lichtes u. d. Wärme auf Schwärmsporen. 1878.

[294] *Cohn.* Berichte. d. Vers. in Hannover. 1866, 222.

[295] *Strasburger.* L. c., p. 46 и 47.

[296] *Stahl.* Bot. Zeit. 1880, p. 392.

филла и б) всего органа растений; последний или становится по направлению падающих лучей (стебли), или же перпендикулярно к свету, и притом так, чтобы получить возможный максимум рассеянного света (листья). Передвижения эти вызываются в большинстве случаев преимущественно, если не исключительно, лучами более преломляемой части спектра.

2. Фотомеханическое действие солнечной энергии на растение совершенно своеобразное; светом не возбуждается проявление особенной какой-нибудь деятельности, а только видоизменяется комплекс сил, действующих в растении. Гелиотропические изгибы нарастающих частей растения обусловливаются нарушением в одних случаях равномерности роста сторон растения, в других — равномерного распределения напряженности тканей. Светом вызывается не усиление роста, а только различное распределение его в плоскости падающих лучей; смотря по тому, будет ли свет вызывать более сильный рост на стороне, обращенной к нему, и ослаблять его со стороны противуположной. или, обратно, растение изогнется к свету или в сторону противуположную. Подобным же образом вызываются односторонним освещением изгибы сочленений; в последнем случае светом нарушается равномерное распределение в сочленении напряженности тканей. В водорослях не возбуждается, а только направляется присущее им движение. Здесь, следовательно, нет необходимости предполагать затраты энергии, эквивалентной вызываемому движению массы. Свет в данном случае по отношению к растению находится в таком же положении, как машинист на локомотиве, готовом к движению. Незначительным усилием руки машинист в состоянии привести поезд в движение и направить по произволу вперед или назад и вновь остановить его. При этом он только направляет в желаемую сторону действие тепловой энергии, развиваемой локомотивом. Живое растение, подобно локомотиву, образует, как мы видели, через сожигание органических соединений тепловую энергию, служащую импульсом для жизненных отправлений. В отсутствие света растение продолжает расти и жить на счет находящегося в нем запаса органических веществ; фотомеханическим действием лучей более преломляемой половины спектра лишь видоизменяется до некоторой степени характер потребления запасного материала, усиливается на счет последнего развитие одних частей и замедляется разрастание других; также в зооспорах и подвижных водорослях направляется только светом присущее им движение в определенную сторону.

Синтез органических соединений в насекомоядных растениях и зеленых цветковых паразитах и сапрофитах

Синтез органических соединений в насекомоядных растениях и зеленых цветковых паразитах почти вовсе не расследован. Возможность успешного выращивания насекомоядных в замкнутом пространстве, под стеклянным колпаком, при полном устранении от листьев насекомых и всякого другого азотистого вещества, несомненно, доказывает, что полу-

чение азотистой пищи через листья не составляет необходимого условия жизни насекомоядных растений. С другой стороны, зеленая окраска листьев, ничем не отличающаяся от окраски других растений, заставляет предполагать, что они могут вырабатывать на свету углеводы из углекислоты и воды и производить, следовательно, подобно остальным хлорофиллоносным растениям, полный синтез органических соединений. Относительно питания зеленых паразитных растений сделано весьма мало. Мне известны только наблюдения *Лука*[297] и *Бусенго*[298] над разложением углекислоты на свету зелеными частями Viscum album. *Лук* поместил под стеклянный колпак, наполненный прокипяченной водой, 4 лота ветвей Viscum и, выставив аппарат на солнце, пропускал в воду слабую струю углекислоты. По прошествии двух часов над водою выделилось 20 см³ газа, составленного из 61,5 частей кислорода, 8,8 частей углекислоты и 29,7 частей азота. Азот, по всему вероятию, выделился частью из воды, частью из полостей растения. Сходный результат получил *Бусенго*: отрезок Viscum, помещенный в смесь из 30 см³ углекислоты и 50,4 см³ воздуха, разложил 9,9 см³ углекислоты и выделил равный объем кислорода.

Остальные стороны питания этого растения совершенно нерасследованы; не известно вовсе, какие соединения высасываются паразитом из питающего растения, ограничивается ли Viscum album заимствованием только неорганических соединений или нуждается также в органических и в каких именно.

Некоторые зеленые паразитные растения представляют, по-видимому, смешанный способ питания. По опытам *Корню*[299], например, выращивание паразитного растения Melampyrum arvense из семени удается отлично, если ввести одновременно в почву несколько семян злаков. Корни Melampyrum оказались сращенными с корнями прорастающего злака; последний отмирал через некоторое время, между тем как Melampyrum продолжало разрастаться весьма сильно. *Корню* заключил из этого, что Melampyrum нуждается в злаках лишь в первое время развития. Указания на питание двоякого рода сделаны *Друде*[300] касательно Monotropa; это растение может, по его наблюдениям, жить как сапрофит и в то же время паразитировать на других растениях.

К переходным формам между зелеными растениями и совершенно лишенными хлорофилла относятся Corallorhiza, Neottia Nidus Avis и следующие виды Orobanche: O. cruenta Bert., O. rubens Wallr., O. Galii Duby и O. epithymum DC; они все содержат хлорофилл, но в столь небольшом количестве, что он может лишь играть второстепенную роль в питании. В перечисленнных видах Orobanche зерна хлорофилла были найдены *Виснером*[301]; иногда ему удавалось наблюдать в них отложения крахмала; но зерна эти сохраняли зеленый цвет лишь в молодом

---

[297] *Luck*. Ann. d. Chem. Pharm. 78, 85 (1851).
[298] *Bousingault*. Agron. Chim. agric. Physiol. 4; 277 (1868).
[299] *Cornu*. Bull. d. l. Soc. d. France 23, 195 (1876). (Just. Jahresb. 1876, p. 891).
[300] *Drude*. Biologie. v. Monotropa u. Neottia, 1873, p. 62.
[301] *Wiesner*. Pringsh. Jahrb. 8, 582 (1872).

возрасте, а затем принимали желтую окраску. Незначительная роль в ассимиляции хлорофилла, заключенного в Orobanche, была уже давно доказана *Лори*[302]. Подвергая отрезки различных видов Orobanche действию света в замкнутых приемниках с воздухом и углекислотой, ему никогда не удавалось подметить ни малейшего выделения кислорода; напротив того, растения эти выделяли на солнечном свете больше углекислоты, чем в тени и в темноте, по всему вероятию, вследствие нагревания их солнцем.

Виснеру[303] удалось также открыть хлорофилл и в Neottia Nidus Avis; он заметил, что при погружении в спирт растение из бурого делалось ярко-зеленым, а затем бледнело по мере окраски в зеленый цвет окружающего спирта. Исследуя микроскопом, *Виснер* нашел хлорофилл в пигментных зернах бурого цвета, которые зеленели в спирте и обнаруживали при этом присутствие хлорофилла. Ввиду, однако, незначительного содержания хлорофилла *Сакс*[304] и *Рейнке*[305] полагают, что только часть крахмала, находимого в Neottia, могла быть образована при посредстве хлорофилла. Рейнке совершенно определенно указал на гумус почвы как на второй источник крахмала[21*]. Для более точного определения роли хлорофилла в процессе ассимиляции крахмала в Neottia *Виснер*[306] сравнил количество хлорофилла в этом растении с иглами Pinus sylvestris и нашел, что последние заключают приблизительно только в 7,3 раза больше хлорофилла. Поэтому *Виснер* признает за хлорофиллом Neottia большее значение в питании, чем *Сакс* и *Рейнке*. Диаметрально противуположный взгляд проводит *Прилье*[307]. По его наблюдениям, пигментные зерна Neottia представляют кристаллоиды в виде бурых кристаллических пластинок различной формы и не могут быть приравнены зернам хлорофилла других растений, хотя извлеченный из них пигмент оказался флуоресцирующим и обнаружил спектр поглощения, сходный с хлорофиллом. При этом *Прилье* не считает еще доказанным, чтобы хлорофилл находился готовым в живом растении. Он отрицает образование внутри этих зерен отложений крахмала из углекислоты и воды; находимые в них небольшие зернышки крахмала представляют, по его мнению, остатки отложений крахмала, на счет которого образовались пигментные зерна. В числе доказательств он приводит, что побеги Neottia с соцветием, выставленные на свет с 8 часов утра до 5 часов вечера, вовсе не выделяли кислорода. *Прилье* прибавляет, что полученный результат не доказывает полного отсутствия ассимиляции и мог быть обусловлен преобладанием процесса дыхания над ассимиляцией; во всяком случае, однако, он приписывает хлорофиллу лишь роль второстепенную в питании Neottia, так как растение это остается в продолжение почти

---

302 *Lory*. Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 8, 158 (1847).
303 *Wiesner*. Ib., p. 576.
304 *Sachs*. Experimental. Physiol., p. 126.
305 *Reinke*. Flora, 1873, p. 179.
306 *Wiesner*. Flora, 1874, p. 73.
307 *Prillieux*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19, 108 (1874).

всей жизни в почве, под листвою и только на сравнительно короткое время выставляет на свет побеги, покрытые цветами.

Еще меньшим содержанием хлорофилла отличается Corallorhiza. В нем не удалось даже вовсе находить зерен хлорофилла, и на присутствие последнего указывает лишь светло-зеленый цвет перикарпия и зеленая окраска спиртовой вытяжки из этого растения.

Переходною формою к зеленым орхидным служит, по указанию *Рейнке*, Epipactis microphylla, отличающееся различною окраской листьев, которые на некоторых экземплярах совершенно бледные, у других же ясно окрашены в зеленый цвет.

Весьма замечательно, что не только вышеописанные формы, бедные содержанием хлорофилла, заключают не меньше крахмала, чем зеленые, но и Epipogon, совершенно лишенное хлорофилла, образует внутри себя громадное количество крахмала.

По аналогии с этими растениями *Рейнке* считает возможным усвоение крахмала из гумуса также орхидными, снабженными листьями нормального зеленого цвета, например Epipactis, Cephalanthera, Listera, Cypripedium, Orchis и др. Весьма интересно было бы проверить это положение выращивании зеленых орхидных в гумусе и в атмосфере, лишенной углекислоты. Питание этих растений принадлежит к непочатым вопросам физиологии растений.

II. СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ, ЛИШЕННЫХ ХЛОРОФИЛЛА

К растениям, совершенно лишенным хлорофилла, принадлежат немногие цветковые паразиты, сапрофиты и весь класс грибов.

Из цветковых сюда относятся сем. Balanophoreae, Rafflesiaceae, род Cuscuta и виды Monotropa Hypopytis и Epipogon Gmelini. Все они, за исключением последних двух форм, паразиты; относительно Monotropa *Друде* (см. выше) утверждает, что оно может жить и сапрофитом; Epipogon Gmelini принадлежит к сапрофитам. Питание их вовсе не расследовано; по всему вероятию, оно окажется сходным в главных чертах с питанием грибов.

Грибы

Из грибов исследованы по отношению к синтезу органических соединений только три следующие группы, принадлежащие к простейшим представителям класса грибов: 1) бродильные грибы, 2) некоторые плесни: Mucor, Penicillium и Aspergillus (последние два гриба в виде конидиальной формы) и 3) Schizomycetes (бактерии) [22*]. Все они при обыкновенных условиях культуры развиваются на разлагающихся животных и растительных продуктах, реже встречаются в виде паразитов на животных и растениях. По химическому составу они мало отличаются от остальных растений и, подобно последним, состоят главным образом из

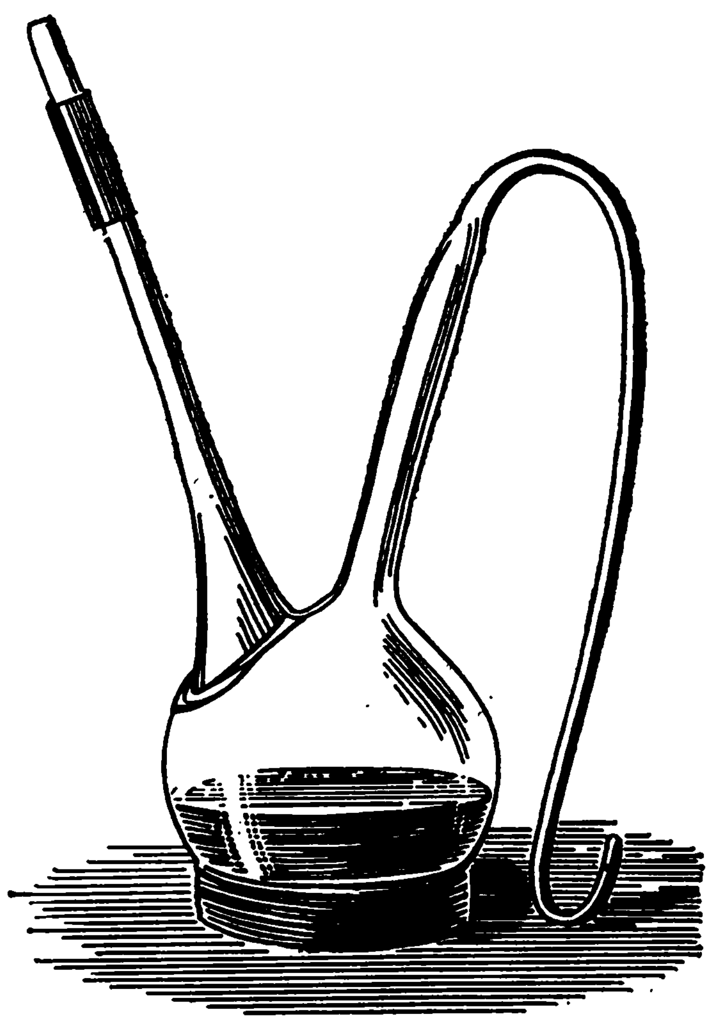


Рис. 72

белковых тел, жиров и углеводов. Наиболее существенное различие в питании от хлорофиллоносных растений обнаружилось в усвоении углерода. Между тем как зеленые растения строят углеродистые соединения из углекислоты и воды, выделяя избыток кислорода в виде газа, грибы лишены этой способности. По этой причине они не развиваются в смеси неорганических солей, вполне пригодной для хлорофиллоносных растений; кроме этих соединений, грибы требуют еще тройного углеродистого соединения, в большинстве случаев сахара, из которого они заимствуют углерод.

Из имеющихся исследований только незначительная часть может служить для разъяснения химических процессов питания грибных организмов. Между условиями, необходимыми для получения надежных результатов в подобного рода работах, главнейшее заключается в абсолютной чистоте культуры; только в том случае, если в искусственной смеси развивается одна избранная определенная форма без малейшей примеси посторонних организмов, возможно получение определенных указаний на процессы ее питания.

Ввиду этих соображений я изложу отдельно *культуры чистые* одного избранного грибного организма, произведенные со всеми надлежащими предосторожностями, и *культуры смешанные*, в которых выращивались различные грибные формы, случайно попадавшие в субстрат, кроме гриба посеянного.

Чистые культуры. Для получения чистых культур прибегают к следующим приемам: гриб выращивают из спор в замкнутом сосуде, который вместе с субстратом предварительно стерилизуют нагреванием до 150—160° C; субстратом для развития гриба выбирают жидкость определенного состава. Один из наиболее удобных и простых приборов, предложенный *Пастером*, составлен из шара с двумя отводными трубками, из которых одна изогнута, а другая прямая и замыкается куском стеклянной палочки, вставленной в отрезок каучука (рис. 72). Жидкость вливают через прямую трубку посредством длинной воронки и подвергают сильному кипячению. В момент прекращения кипячения немедленно замыкают прямую шейку и дают жидкости совершенно остыть.

Прибор размыкают затем только на мгновение для посева спор и вновь немедленно надевают на прямую шейку каучук с стеклянной палочкой. Для избежания примеси к высеваемым спорам посторонних организмов необходимо снять споры с возможно чистой культуры гриба. Последнюю приготовляют, выращивая гриб в замкнутом сосуде, предварительно стерилизованном вместе с жидкостью. Через два или три

последовательных посева получается развитие одного посеянного организма, без посторонних примесей. Споры для посева снимают с гриба свежепрокаленною, только что остывшею платиновою проволокой, прикасаясь ею к созревшим спорангиям или конидиям, и вместе с приставшими спорами бросают ее в приготовленную жидкость и сосуд закупоривают [308].

Из немногих работ, произведенных вышеуказанным способом, в очень незначительном числе имелось в виду расследование химических процессов, происходящих в выращиваемом организме; главною целью большинства их было изучение изменений, производимых грибом в жидкости окружающей, т. е. процессы брожения или гниения, вызываемые в жидкости присутствием этих организмов. Незначительные результаты касательно питания грибов объясняются совершенно естественно недостатком исследований в этом направлении.

Бродильные грибки

Обстоятельнее остальных изучен в этом отношении бродильный грибок [23*]. Не только удалось выращивать его в искусственной смеси простого состава, но и определить химический состав бродильного грибка.

Относительно элементарного состава бродильного гриба имеются следующие указания [309]:

Бродильный грибок содержит	*Дюма*	*Митчерлих*	*Шлосбергер*
Углерода	50,6	47,0	47,93–50,05
Водорода	7,3	6,6	6,25–6,7
Азота	15,0	10,0	31,02–35,62
Кислорода }	–	35,8	9,77–12,44
Серы }	27,0	0,6	–
Фосфора }			

Ближайшие органические составные части бродильного гриба определены *Паэном* и *Негели*. В бродильном грибке оказалось:

По анализу	*Паэна*	*Негели* [310]	
Азотистых веществ	62,73%	47,0%	Из них альбумина 36%, растворимого глутенказеина 9%, пептонов 2% (вместе с растительной слизью)
Клетчатки	29,37	37,0	
Жирных веществ	2,10	5,0	
Вытяжных веществ [24*]	2,10	4,0	
Минеральных веществ	5,8	7,0	
	100,00	100,0	

---

[308] О методах чистой культуры грибов см.: *Brefeld.* Methoden zur Unters. d. Pilze. Verhandl. d. phys. med. Gesellsch. N. F. 8, 4 (1874).

[309] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 84.

[310] *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1878; Sitzung, v. 4, Mai.

Митчерлих[311] исследовал золу бродильного грибка; он нашел в сухом веществе 7,65—7,51% золы.

Она оказалась составленною:

	В верхних дрожжах, %	В нижних дрожжах, %
Из фосфорной кислоты .	41.8	39,5
» фосфорнокислого кали	39,8	28,3
» » магния	16.8	22,6
» » кальция	2,3	9,7
	100,7	100,1

Коссель[312] нашел в бродильном грибе *нуклеин, Гоппе-Зейлер*[313] — *лецитин.*

Из вышеприведенных анализов получились, несмотря на различие результатов, следующие данные относительно состава бродильного грибка: 1) главную массу сухого вещества составляют четыре органогена, между которыми преобладает углерод; содержание водорода найдено сходным с другими растениями; остается необъяснимою разница в содержании азота и сравнительно небольшое содержание кислорода; 2) преобладающими органическими соединениями оказались, как и у других растений, белковые тела, углеводы и жиры. По исследованию *Негели*, из углеводов в бродильном грибке находятся грибная клетчатка и слизистый углевод; глюкозы найдены только следы; 3) содержание золы колебалось между 5,8 и 7,65%; она оказалась составленною по преимуществу из фосфорнокислых солей щелочей, магния и отчасти кальция.

Первые удачные культуры бродильного грибка в смеси определенного состава произведены были *Пастером*[314]. Ему удалось вырастить из невесомого количества дрожжей большую массу грибка в различных жидкостях, предварительно стерилизованных нагреванием. Возможность устранить твердые составные части субстрата была уже важным шагом при расследовании питания бродильного грибка. *Пастер* пошел еще далее и приготовил смесь веществ еще более простую и вполне пригодную для нормального развития бродильного грибка и для синтеза главнейших составных его частей: белковых тел, клетчатки и жира. Смесь эта, называемая обыкновенно жидкостью *Пастера,* заключает на 100 см^3 воды: 10 г тростникового сахара, 0,1 г виннокаменнокислого аммиака, 0,07 г золы, полученной через обзаливание 1 г сухих дрожжей. Развитие бродильного гриба происходило в этой смеси нормально[315], но гораздо медленнее, чем в виноградном соке, в соке свекловицы и в водной вытяжке дрожжей, вследствие замены сложных азотистых соединений аммиачною солью.

Видоизменяя по произволу состав этой простой смеси, *Пастер* получил

---

[311] *Pasteur.* L. c., p. 376.
[312] *Kossel.* Zeitschr. f. physiol. Chem. 3, 284.
[313] *Hoppe-Seyler.* Ib., p. 374.
[314] *Pasteur.* C. R. 52, p. 1260 (1861).
Также в: Ann. Chim. Phys. S. 3, t. 58, 381 (1860).
[315] *Pasteur.* L. c. p. 384.

при посредстве ее следующие интересные результаты: а) все составные части смеси оказались в равной степени необходимыми для развития бродильного грибка; б) бродильный грибок усваивал белковые соединения виноградного сока, сока свекловицы, водной вытяжки дрожжей, серум крови [25*], жидкость, выжатую из мускулов, но оставлял нетронутым белок из куриного яйца; в) развитие грибка происходило одинаково на свету и в темноте: разрастание грибка на воздухе (при избытке кислорода) сопровождалось поглощением кислорода и выделением равного объема углекислоты; г) при этом грибок вырабатывал в себе путем синтеза из минеральных солей и сахара белковые тела, жиры и клетчатку без посредства света и без выделения кислорода в газообразном состоянии.

Результаты *Пастера* были подтверждены всеми последующими разысканиями.

Дальнейшее упрощение смеси было предложено *Мейером* [316]; он заменил в ней виннокаменную кислоту азотной; аммиак был введен в виде азотнокислой соли; из органических соединений смеси оставлен был, следовательно, только сахар. Смесь эта заключала на 100 частей воды:

15 г	сахара
1 »	азотнокислого аммиака
0,5 »	фосфорнокалиевой соли
0,05 »	фосфорнокальциевой соли
0,25 »	серномагниевой соли

Эта смесь тоже оказалась пригодною для развития бродильного грибка.

Из результатов работы *Мейера* я остановлюсь лишь на одном, который был подтвержден впоследствии *Негели* [317], именно на неспособности бродильного грибка усваивать азот из азотной кислоты. Согласно с *Мейером Негели* нашел, что в искусственной смеси, составленной из сахара и минеральных солей, развитие бродильного грибка происходило одинаково слабо, как и в смеси, к которой был прибавлен азотнокислый натрий, между тем как в смесях с различными солями аммиака или различными азотистыми органическими соединениями получался значительный прирост бродильного грибка.

Уже *Пастер* в точности определил (см. главу II) различие в питании бродильного грибка в присутствии свободного кислорода и без него. *Негели* [318] дополнил эти данные рядом интересных параллельных опытов над произрастанием бродильного грибка в разнообразных смесях на воздухе и в отсутствие кислорода.

Из прилагаемой таблички, представляющей свод отдельных опытов *Негели*, рельефно выступает замечательная роль, которую играет сахар в питании бродильного грибка. В присутствии воздуха получалось разрастание бродильного грибка в смесях весьма различного состава, между

[316] *Meyer*. Unters. üb. alkoholische Gährung. 1869.
[317] *Nägeli*. Sitzungsb. d. Bayer. Ak. Sitz. V. 3, Mai 1879, p. 447.
[318] *Nägeli*. Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1879; p. 472. (Nachtrag z. Sitzung d. math. phys. Classe, v. 5, Juli 1879).

тем как при устранении воздуха бродильный грибок развивался только в жидкостях, содержавших сахар. Знаком «+» обозначены в таблице случаи развития грибка; знаком «—» случаи, где он не развился.

Состав жидкости	В присутствии воздуха	В отсутствие воздуха
1. В виноградном соке развитие бродильного грибка	+	+
2. В прокипяченном виноградном соке	+	+
3. В отваре изюма с сахаром	+	+
4. В отваре пивных дрожжей с прибавлением 0,5–1% лимонной кислоты или 0,4–0,6% фосфорной (P_2O_5)	+	—
5. В предыдущей смеси с 10% сахара	+	+
6. В 1%-ной мясной вытяжке Либиха с 0,1 фосфорной кислоты	+	—
7. В 1%-ной мясной вытяжке с 0,4–0,6% лимонной кислоты	+	—
8. В 1%-ной мясной вытяжке с 4,5–9% глицерина, 0,5% лимонной кислоты	+	—
9. В 0,5%-ной мясной вытяжке с 4,5% сахара	+	+
10. В 1%-ной мясной вытяжке с 9% сахара	+	+
11. В 0,33–1%-ной мясной вытяжке с 9–13% сахара и с 0,4–0,8% лимонной кислоты	+	+
12. В 0,4–0,6%-ной мясной вытяжке с 9% сахара и 0,5% фосфорной кислоты	+	+
13. В 0,4%-ной мясной вытяжке с 9% сахара и 0,012–0,0225% сернокислого хинина	+	+
14. В 1%-ной мясной вытяжке с 4,5% маннита и 0,2% фосфорной кислоты	+	+
15. В 1%-ной мясной вытяжке с 1% маннита и 0,5% лимонной кислоты	+	+
16. В 1%-ной мясной вытяжке с 0,3% салицина и 0,5% лимонной кислоты	+	+
17. В 1%-ной мясной вытяжке с 0,3% амигдалина и 0,5% лимонной кислоты	+	+
18. В мочевине с 0,2–0,5 фосфорной кислоты или 0,5–1% виннокаменной или лимонной	+	—
19. В предыдущей смеси с 4,5–9% глицерина	+	—
20. В смеси мочевины с 9% сахара и 0,5–1% лимонной кислоты	+	+
21. В 1%-ной мочевине с 2% лимонной кислоты и золою гороха; жидкость нейтрализована фосфорною кислотой	+	—
22. В 1%-ном растворе мочевины с 9% глицерина и 0,2% фосфорной кислоты, нейтрализованной золою гороха	+	—
23. В 1%-ном растворе мочевины с 9% сахара, 0,2% фосфорной кислоты жидкость нейтрализована золой гороха	+	+
24. В белке и желтке куриного яйца в 33% с 1% лимонной кислоты	+	—
25. В 4%-ном растворе альбумина крови с 0,5% фосфорной кислоты и небольшим количеством нейтрализованной золы гороха	+	—
26. В 1%-ном растворе аспарагина с 0,3% фосфорной кислоты и с золой дрожжей	+	—

Наиболее интересный результат опытов *Негели* заключается в том, что в присутствии сахара бродильный грибок приобретает способность развиваться в такой среде, в которой не растет в отсутствие кислорода; при этом сахар оказался до некоторой степени суррогатом кислорода, так как получалось развитие бродильного грибка в вышепоименованных смесях и в отсутствие кислорода, если к ним только прибавлено было достаточное количество сахара.

Примечание. К сожалению, эти опыты, судя по заметкам самого *Негели,* не представляли вполне чистых культур, так как неоднократно упоминается о появлении бактерий в жидкости, где выращивался бродильный грибок. Это обстоятельство заставляет скептически относиться и к другим опытам *Негели,* следовательно, и к его результатам. Подобное же возражение вполне применимо и к исследованиям *Негели* над образованием жира в простейших грибах, между прочим и в бродильном грибке. (См.: *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. Sitz., v. 3, Mai, 1879).

Этими исследованиями исчерпываются главнейшие сведения о синтезе органических соединений в бродильном грибке.

При выращивании бродильного грибка в смеси неорганических солей и сахара необходимо предположить в нем, как и в остальных растениях, процессы двоякого рода: 1) синтез (хотя и неполный) органических соединений и 2) потребление их на построение организованных образований. Несмотря на то что строгого разграничения этих двух фаз питания бродильного грибка провести еще не удается, в существовании их едва ли возможно сомневаться, так как при культуре грибка в жидкости, содержащей все необходимые органические соединения, первая фаза питания совершенно выпадает и проявляется только вторая. В полном согласии с этим воззрением находится указанное *Пастером* более быстрое развитие грибка в жидкости, заключающей все необходимые органические соединения в виде готового материала для построения его клеток. Одною из ближайших задач исследований питания бродильного грибка будет разграничение этих процессов.

Результаты культур бродильного грибка, даже безукоризненно чистых, затемняются в значительной степени сопровождающим их побочным процессом, брожением, которое вызывается бродильным грибком в окружающей жидкости; брожение достигает, как мы видели выше (см. главу II), при отсутствии кислорода столь больших размеров, что в состоянии остановить нормальное питание и разрастание грибка. Строго говоря, почти не было произведено до сих пор культуры, в которой вполне было бы устранено спиртовое брожение; различие культур заключается лишь в большей или меньшей степени преобладания нормального питания грибка над брожением или обратно, смотря по количеству свободного кислорода к жидкости, в которой выращивался бродильный грибок. (Об этом см. ниже в разделе об изменении субстрата простейшими организмами.)

Интересное дополнение к жизни бродильного грибка составляет открытое в последнее время состояние оцепенения или летаргии [26*], в которое он впадает после истощения брожением в сахарной воде после обработки глицерином, а также от высушивания в воздухе на полоске бу-

маги. *Гюнинг*[319] показал, что при посредстве глицерина возможно извлечь из бродильного грибка некоторые составные части его содержимого, в отсутствие которых клетки его, оставаясь живыми, теряют способность превращать тростниковый сахар в превращенный, а также и производить спиртовое брожение глюкозы; обработанные глицерином клетки теряют в то же время способность питаться и расти в указанных выше искусственных смесях из сахара, виннокаменнокислого аммиака и неорганических солей. Оказалось, что они тем не менее совершенно живы и для возвращения к активной жизни требуют только присутствия в окружающей среде белковых тел. От прибавления к искусственной смеси этих соединений или даже нескольких капель глицериновой вытяжки дрожжей клетки бродильного грибка возвращаются к жизни.

В подобное же состояние переводятся, по *Гюнингу*[320], клетки этого грибка, если выловить их из жидкости на полоску пропускной бумаги и высушить с бумагой на воздухе. Непосредственные опыты показали, что высушенные клетки, брошенные с кусочком бумаги в стерилизованные азотистые отвары животного или растительного происхождения, немедленно разрастались и вызывали брожение, между тем как в смеси сахара, виннокаменнокислого аммиака и минеральных солей они остаются без перемены и оставляют нетронутою окружающую жидкость. Прибавление к последней азотистых органических соединений или глицеринового настоя дрожжей вызывало клетки к жизни, и в жидкости обнаруживалось брожение. Любопытно, что подобное же состояние найдено *Гюнингом* и у бактерий.

Описанные здесь исследования относятся почти исключительно к грибку Saccharomyces Cerevisiae. Другие виды этого рода — S. ellipsoideus, S. apiculatus, S. Pastorianus, S. conglomeratus — не представили ничего существенно различного в способе питания. Только один из видов, именно Saccharomyces Mycoderma, отделяемый некоторыми авторами в особый род Mycoderma (M. vini), представляет замечательную особенность, заключающуюся главным образом в появлении и чрезвычайно сильном развитии на перебродивших жидкостях, непригодных, по-видимому, для остальных видов Saccharomyces. Ввиду этого обстоятельства я остановлюсь здесь несколько на исследованиях питания S. Mycoderma.

Подобно S. Cerevisiae, грибок этот может, по исследованиям *Пастера*, жить как плесень и как фермент, смотря по тому, развивается ли он на поверхности жидкости или под нею, на дне сосуда.

Из этих двух способов питания я рассмотрю здесь только первый. Изображение S. Mycoderma и интересные данные касательно развития и питания этой формы находятся у *Пастера*[321]. Клеточки этого грибка появляются на всякой перебродившей жидкости, оставленной непокрытою на воздухе; размножаясь с необыкновенною быстротою почкованием, они

---

[319] *Günning*. Jahresb. Agr. Chem. 13, 231 и 16, 205.

[320] *Günning* (Tageblatt d. Naturforscherversammlung in Cassel. p. 141). Jahresb. d. Agric. Chem. 1878, p. 578.

[321] *Pasteur*. Etudes s. l. biére, p. 107, 1876.

в весьма непродолжительном времени образуют на всей поверхности жидкости сплошную пленку, которая по мере разрастания покрывается множеством складок. При этом грибок поглощает весьма значительный объем кислорода и выделяет углекислоту; этот обмен газов сопровождается значительным выделением тепла.

Относительно питания Saccharomyces Mycoderma имеются также интересные исследования *Шульца*[322]. Исходя из наблюдения, что S. Mycoderma развивается всего лучше в жидкости, содержащей алкоголь, *Шульц* поставил себе одною из главных задач работы выяснение, насколько алкоголь субстрата участвует в питании этого грибка. Он выращивал грибок в двух смесях; первая была составлена из 100 частей воды, 0,5 частей алкоголя, 0,5 части глицерина, 0,2 части аммиака и неорганических солей (0,5 части среднего фосфорнокислого калия, 0,5 части кристаллизованного сернокислого магния, 0,05 части кислого фосфорнокислого кальция). В состав второй смеси вошли на 100 частей воды: 5,304 части алкоголя, 0,4 части среднего виннокаменнокислого аммиака, 0,3 части янтарной кислоты и вышеприведенные минеральные соли. В смеси алкоголя и неорганических солей с включением азотнокислого аммиака получалось лишь весьма слабое развитие S. Mycoderma. Наиболее сильное разрастание вызывало прибавление к жидкости, содержавшей спирт и минеральные соли, аспарагина или смеси из виннокаменно- или азотнокислого аммиака и кислот яблочной, янтарной или виннокаменнокислого калия; глицерин и даже декстрин с алкоголем оказались также смесью, благоприятною для развития этого грибка. Замечательно, что азот усваивался S. Mycoderma не только из перечисленных смесей, но и из аммиака; азотная же кислота оказалась столь же для него непригодным источником азота, как и для бродильного грибка.

Примечание. Последний результат не согласен с показанием *Шлезинга* и *Мюнца*[323], которые утверждают, что S. Mycoderma может усваивать азот из азотной кислоты.

Столь же характерное сходство с бродильным грибком обнаружилось и в составе золы; преобладающими соединениями в золе S. Mycoderma были найдены фосфорная кислота и кали, в меньшем количестве магний и сера.

Между продуктами синтеза этого грибка *Шульц* нашел глицерин, образованный, по его мнению, грибком из алкоголя; до 7% исчезнувшего алкоголя пошло, по *Шульцу*, на образование глицерина.

В отношении к кислороду грибок этот обнаружил полное сходство с Saccharomyces Cerevisiae. В атмосфере чистого азота он развивался на вине, но оставался без изменения в искусственной смеси, т. е. в том случае, если был принужден путем синтеза вырабатывать необходимые органические соединения.

---

[322] *Schultz*. Ann. d. Oenologie, 7, 115 1878. (Jahr. d. Agric. Chem. 1878, p. 568). (Just. Jahresb. 1877, p. 85).

[323] C. R. 86, p. 8792 (1778). (Jahresb. d. Agric. Chem. 1878, p. 570).

Плесни

Сведения о питании плесней крайне скудны. Удалось только вырастить некоторые из них в смесях определенного и простого состава. К тому же безукоризненно чистых культур очень мало.

Самые обстоятельные исследования относятся к Aspergillus niger и произведены *Роленом* [324]. Он поставил себе задачею найти наиболее пригодную смесь из минеральных солей и сахара для выращивания этой плесни. Труды его увенчались желаемым успехом, так как ему удалось с точностью определить условия, при которых в составляемой им смеси из невесомого количества спор Aspergillus niger постоянно удавалось в продолжение 6 дней выращивать количество мицелия, который весил после высушивания при 100° С около 25 г; разница в весе сухого мицелия в различных опытах не превосходила $^1/_{20}$ его веса; при этом мицелий Aspergillus получался совершенно чистым, без примеси посторонних организмов.

Нормальная смесь Ролена состояла (в г) из:

воды	1500	кремнекислоты	0,03
сахара	70	кали	0,40
виннокаменной кислоты	10,00	магнезии	0,20
аммиака	2,00	окиси цинка	0,04
фосфорной кислоты	0,40	окиси железа	0,03
серной кислоты	0,25		

Для успеха культуры, кроме того, оказалось необходимым поддерживать температуру в 35° С, выращивать плесень в жидкости, налитой в плоские сосуды, и пропускать через аппарат, где производились культуры, беспрерывную струю влажного воздуха во все время опыта. Отклонение в каком бы то ни было направлении от описанных условий культуры немедленно отражалось невыгодно на результате. Приемы, посредством которых *Ролену* удалось получить столь значительный синтез органических соединений, подробно изложены в его статье.

Отдавая полную справедливость превосходной работе *Ролена*, я недоумеваю, почему он исключил из смеси солей известь; хотя незначительное содержание извести в золе грибов (см. выше) и не подлежит сомнению, тем не менее, однако, нет причины отрицать вполне ее значение в их питании; об извести *Ролен* упоминает лишь вскользь и даже считает излишним произвести по отношению к ней специальные опыты, проделанные им для каждой из составных частей нормальной смеси.

Разрастание Aspergillus niger, хотя и гораздо менее значительное, получил *Фан-Тигем* [325], посеяв споры его на поверхность смеси, составленной из 300 см^3 воды, 29 г таннина, небольшого количества азотнокислого аммиака и золы дрожжей. Через 8 дней вырос мицелий, весивший после высушивания 3,5 г. Из 29 г твердого вещества оказалось

---

324 *Raulin.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 11, 93 (1869).

325 *Van Thiegem.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 8, 234 (1867).

в растворе 2,6 г, в котором заключалось 1,1 г неразложенного таннина и 1,5 г галловой кислоты. Всего исчезло твердого вещества за это время 26,52 г, взамен которого образовалось 3,5 г мицелия; остальное вещество, равное 23 г, оказалось сожженным.

Подобный же результат был получен при посеве спор Penicillium glaucum [326] в смесь 300 см³ воды, 14.55 г таннина, 0,3 г азотнокислого аммиака и 0,3 г золы дрожжей. Посев спор Penicillium glaucum был произведен 19 октября; уже 21 октября появилась на поверхности жидкости пленка мицелия, покрытая плодоношениями; 28 октября опыт был прерван. Высушенный при 100° С мицелий весил 3,10 г; количество таннина убыло на 12,45 г; из него 10,71 г были сожжены, 1,74 г разложены на глюкозу и галловую кислоту.

Бактерии

Для выращивания различных бактерий употребляется весьма часто с успехом смесь, составленная *Коном* [327]. На 100 см³ воды берут

1,00 г виннокаменнокислого аммиака
0,50 » фосфорнокалиевой соли [27*]
0,05 » фосфорнокальциевой [27*]
0,25 » серномагниевой [27*]

Пастер составил простую смесь для культуры Mycoderma aceti, в состав которой вошли:

вода	100,00 см³
абсолютный спирт	22,50 »
кристаллизованная уксусная кислота [27*]	12,75 г
фосфорнокислый аммиак	0,20 »
фосфорнокислый магний	0,10 »
фосфорнокислый калий	0,10 »
фосфорнокислый кальций	0,10 » .

При выращивании в присутствии кислорода Mycoderma aceti развивается весьма быстро, окисляя при этом спирт в уксусную кислоту. Окисление спирта кислородом, поглощаемым из воздуха, происходит, как показал *Пастер* [328], без выделения углекислоты. Объем воздуха, замкнутый ртутью с жидкостью, заключавшей M. aceti, быстро убывал. Оставшийся газ оказался, по *Пастеру*, составленным из 1,17% углекислоты и 98,83% азота. (Последний, однако, не был определен непосредственно.)

Кон относит форму бактерии, переводящую спирт в уксусную кислоту, к Microbacteria [329]. В смеси *Пастера* развитие Mycoderma aceti шло

326 Ib., p. 223.
327 *Cohn*. Beiträge z. Biologie der Pflanzen.
328 *Pasteur*. Etudes s. l. vinaigre 1869; см. также: Etudes s. l. bière, p. 120.
329 *Cohn*. L. c., p. 172 и 173.

столь быстро, что уже на четвертый день количество уксусной кислоты в жидкости возросло с 12,75 до 21,2 г. Прибавляя к этой смеси по нескольку раз спирт, *Пастер* получил 126,8 г уксусной кислоты. *Пастер* несомненным образом доказал тесную связь окисления спирта с питанием и разрастанием M. aceti посредством следующего опыта: по нитке, вертикально повешенной (натянутой), покрытой M. aceti, он заставлял стекать по каплям из трубы с волосным отверстием раствор вышеописанной смеси спирта, уксусной кислоты и минеральных солей; в стекающей жидкости удалось показать прибыль уксусной кислоты; при замене питательной смеси одним спиртом M. aceti не разрасталась, и в то же время не обнаруживалось образования из спирта уксусной кислоты [330].

Результаты *Пастера* вполне подтвердились исследованием *Мейера* и *Книрима* [331].

К характерным особенностям питания M. aceti принадлежит отношение ее к уксусной кислоте; пока в жидкости находится спирт, уксусная кислота остается нетронутой; по истощении же спирта M. aceti начинает разрушать уксусную кислоту и переводит ее в углекислоту и воду.

Негели [332] нашел наиболее пригодною для чистой культуры бактерий смесь

из 100 см³ воды
» 1,00 г аммиака
» 0,10 » фосфорнокалиевой соли
» 0,02 » сернокислого магния
» 0,01 » хлористого кальция

Все эти искусственные смеси, приспособленные для успешного выращивания бактерий, особенно интересны в том отношении, что составлены из соединений, которые уже получены путем синтеза вне живой растительной клетки, или, другими словами, бактерии представляют организмы, развитие которых мыслимо на земной поверхности без содействия растений хлорофиллоносных.

Этими немногими сведениями ограничиваются наши познания касательно питания бактерий в чистых культурах. Возможность выращивать определенные формы их в смесях известного и простого состава имеет необыкновенную важность как для морфологических разысканий, так и для исследования изменений, вызываемых различными бактериями в субстратах; к сожалению, касательно химических процессов, происходящих внутри бактерий, в настоящее время ничего почти не известно.

Примечание. Наиболее пригодною жидкостью для развития Mycoderma aceti *Пастер* [333] считает смесь из 100 частей отвара дрожжей (приготовляемой кипячением 50—100 г сухих дрожжей с литром воды в продолжение четверти часа), 1 или

---

[330] *Pasteur.* Etudes s. l. vinaigre, p. 88.
[331] *Meyer u. Knieriem.* Land. Vers. 16, 305 (1873).
[332] *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak., Nachtrag d. Sitzung d. math. phys. Classe, v. 5, Juli 1879, p. 443.
[333] *Pasteur.* L. c., p. 61.

2 частей уксусной кислоты и 3–4 части алкоголя. При 20° на следующий день после посева жидкость покрывается сплошною пленкою M. aceti. При свободном стоянии на воздухе этой смеси и без посева появляется M. aceti на 3-й или на 4-й день, развиваясь из зародышей[28*], осевших в жидкость из воздуха. Пригодными для получения и культуры M. aceti *Пастер* считает еще следующие смеси: 1) смесь из 1 объема столового красного или белого вина, 2 объемов воды и 1 объема уксуса; 2) смесь из 1 объема пива, 1 объема воды и 1/2 объема уксуса. В красном вине, одном или разбавленном водою, развивается без посева Mycoderma vini столь сильно, что вытесняет M. aceti; прибавление 1 объема уксуса доставляет перевес в развитии M. aceti, которое заглушает M. vini.

Касательно химического состава бактерий сведения крайне недостаточны; *Лев*[334] исследовал состав Mycoderma aceti, развившейся в жидкости в виде слизистой формы. Он нашел в ней только 1,7% сухого вещества; в последнем оказалось 3,37% золы и 1,82% азота (количество гораздо меньшее, чем в других бактериях). Организм этот состоял преимущественно из ослизненной клетчатки. Оболочка клеток M. aceti отличается, по *Негели*[335], от оболочки бродильного грибка тем, что легче растворяется в куприммонии и труднее последней в кислотах и в воде. *Ненцки* и *Шафер*[336] нашли в бактериях, вызывающих гниение, 3–5% золы и 95–97% органического вещества. Органическое вещество, в котором были определены: C=53,2–53,8%; H=7,6–7,8%; N=13,9–14,6%, заключало, кроме углеводов и белковых тел, 6–8% жира с содержанием 72,5% углерода и 11,7% водорода.

Примечание. Весьма желательно проверить показания *Блунда* и *Даунера*[337] касательно задержки развития бактерий светом. Они наблюдали, что при непосредственном освещении солнцем развитие бактерий или совершенно задерживается, или очень ослабляется; рассеянный дневной свет обнаруживал подобное же действие, только в слабейшей степени.

Смешанные культуры

Сюда отнесены культуры в искусственных смесях различного состава, произведенные не с одной какою-нибудь определенною формою, а со смесью различных грибных организмов, в большинстве случаев обозначаемых авторами одним общим именем — плесней.

Из совместной культуры бродильных грибков, плесней и бактерий давно уже выяснилось, что развитие каждой из этих трех групп организмов зависит в высокой степени от реакции жидкости на лакмусовую бумажку, вследствие чего оказалось возможным доставить по произволу преобладание любой из этих групп, делая жидкость щелочною, среднею или кислою. Совершенно определенные указания касательно этого находятся уже у *Пастера*[338] и в последнее время подтверждены *Негели.* В жидкости одного и того же состава при щелочной реакции развивают-

---

334 *Löw.* (См.: *Nägeli.* Gährung, p. 171).
335 *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1878; Sitzung. V. 4, Mai.
336 *Nencki u. Schaffer.* Journ. f. pract. Chem. 20, 442.
337 *Blund u. Dauner.* Fühlings l. Zeitung. 1878, p. 587. (Jahresb. Agric. Chem. 1878, p. 579).
338 *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 35 и 36 (1876).

ся преимущественно бактерии, при среднем —получают преобладание бродильные грибки, при реакции кислой перевес оказывается на стороне плесеней. Подтверждением этому могут служить еще следующие данные. По опытам *Гайдука*[339], спиртовое брожение, производимое Saccharomyces Cerevisiae, замедлялось от 0,1% серной кислоты; от 0,7% — прекращалось, так же как и в присутствии 0,56% соляной кислоты. Слабее действовали фосфорная кислота, которая заметно ослабляла брожение при содержании, равном 1,3%, и молочная, замедлявшая брожение только при 2%-ном содержании. При 3,5%-ном содержании последней в продолжение 20 часов не обнаружилось размножения клеток. Сходные результаты добыл *Меркер*[340]. Брожение заметно ослабевало в присутствии 0,5% уксусной кислоты, 0,2% муравейной, 0,1% фосфорной, 0,05% масляной. При содержании 0,1% масляной кислоты брожение прекращалось совершенно.

Смешанные культуры, конечно, не в состоянии выяснить, столь точно процессы питания как чистые, но тем не менее при посредстве их удалось получить несколько ценных результатов касательно синтеза органических соединений в грибах, именно указания на соединения, наиболее пригодные для усвоения каждого из органогенов. Между этими исследованиями наиболее интересны работы *Целлера*[341], *Штуцера*[342] и *Негели*[343].

Целлер производил посев спор плесеней в водный раствор смеси уксуснокислых солей аммиака, калия, натрия, кальция и магния, кислого фосфорнокислого калия и сернокислого магния; концентрация раствора в одних опытах равнялась 1,5%, в других была в 3 раза слабее. Во всех культурах получилось разрастание плесеней; мицелий их весил в сухом состоянии от 1,5 до 2,3 г, заключал около 8% золы и состоял из жидкого жира, углеводов и белковых тел. Единственным источником углерода была уксусная кислота, источником азота — аммиак. При посредстве одной только уксусной кислоты и минеральных солей грибы (плесени?) обнаружили, следовательно, синтез всех остальных необходимых органических соединений, в том числе углеводов, жиров и белковых тел.

Во второй работе (1874 г.) *Целлер* выращивал плесни из спор в жидкости, заключавшей 6,4 г солей на литр жидкости; из солей были взяты фосфорнокислый аммиак, уксуснокислые соли аммиака, калия, натрия, магния и кальция и несколько сернокислого кальция. По прошествии 36 дней образовался в литре жидкости мицелий, весивший после высушивания при 100° С 2,107 г. При этом содержание фосфорной кислоты в жидкости оказалось неизменным, между тем как уксусная кислота исчез-

---

339 *Hayduck.* Zeitschr. f. Spiritusindustrie. N. F. 4; 341. (Jahresb. Agric. Chem. 1881, p. 505).
340 *Merker.* Zeitschr. f. g. Brauwesen 4, 459. (Jahresb. Agr. Chem. 1881, p. 507).
341 *Zöller.* Journ. f. Landwirthschaft. 6, 284 (1871). Его же: Anzeigen d. Wiener Ak. 1874; 9, Juli. (Just Jahresb. 1874, p. 213).
342 *Stutzer.* Land. Vers. 21, 114 (1878).
343 *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1879. (Sitzung, v. 3, Mai u. 5, Juli).

ла бесследно и в растворе осталась лишь одна углекислота. Во все время культуры пропускался ток воздуха, лишенный предварительно углекислоты. Эти опыты подтвердили результаты предыдущей работы и дополнили их следующими указаниями: 1) при разрастании мицелия исчезла бесследно органическая кислота (уксусная) смеси; ее углерод частью оказался в грибе, частью выделился в виде углекислоты; 2) на 0,82 г усвоенного углерода было потреблено 3,608 г уксусной кислоты, содержавшей 1,44 г углерода; при этом 0,62 г углерода были выделены в виде углекислоты; 3) относительно состава мицелия из органогенов *Целлер* заметил, что со временем в нем увеличивалось содержание углерода, а содержание азота убывало.

Штуцер поставил себе главною целью выяснить, какие углеродистые соединения могут, кроме углекислоты, послужить растениям источником углерода. Об опытах с хлорофиллоносными растениями было говорено уже выше. Здесь остается мне изложить опыты, произведенные над питанием грибов. В испытуемые жидкости производился посев спор Penicillium glaucum; вместе с ними вводились, по всему вероятию, и другие организмы, так как особенных предосторожностей для их устранения предпринято не было. Искусственная смесь заключала 0,2% неорганических солей и состояла из сернокислого магния, хлористого калия и фосфорнокислого аммиака [344]; к ней прибавлялись в различном количестве испытуемые органические соединения. При выборе углеродистых соединений *Штуцер* руководствовался исключительно химическим составом [345]. Углеводороды были оставлены в стороне, также соединения ароматического ряда; преимущественное внимание было обращено на тела жирного ряда. Главные выводы *Штуцера* по отношению к питанию грибов сводятся к следующему.

1. Тела, заключающие одну карбоксиловую группу (COOH), как щавелевая кислота HOOC—COOH и муравейная HCOOH, оказались неспособными доставлять грибам углерод. В смеси этих кислот с перечисленными минеральными солями грибные организмы не развивались; достаточным оказалось прибавить к ней глицерина или другого какого-нибудь усвояемого органического соединения, чтобы вызвать сильное разрастание грибных организмов.

2. Соединения, составленные из групп карбоксиловой и углеродисто-водородной [29*] (C_xH_y. COOH), могут служить источником углерода, но не все. Способными доставлять углерод оказались уксусная и янтарная кислоты, между тем как высшие члены этого ряда (масляная и валериановая кислоты) не усваивались грибами. *Штуцер* старается объяснить различное отношение этих кислот к питанию грибов калориметрическими их особенностями [346].

3. Соединения гидроксиловой группы с углеводородной (C_xH_y. OH) также не все оказались пригодными источниками углерода для грибов.

---

[344] *Stutzer.* L. c., p. 116.
[345] *Stutzer.* L. c., p. 131.
[346] *Stutzer.* L. c., p. 124.

Углерод заимствовался грибами из сахаристых веществ, из этильного алкоголя и глицерина, между тем как амиловый алкоголь оставался неразложенным.

4. Тела, составленные из сочетания групп углеводородистой, гидроксиловой и карбоксиловой (C_xH_y. OH. COOH), каковы, например, кислоты молочная, яблочная, лимонная, винная, глицериновая, оказались превосходными питательными веществами.

5. Напротив того, окись углерода и альдегид ($C{=}O$ и $C_xH_y{-}COO$), подобно телам, построенным из одной карбоксиловой группы, были найдены совершенно непригодными для доставления грибам углерода.

Негели также поставил себе задачею выяснить, из каких соединений могут грибы заимствовать органогены [30*]; ввиду того, однако, что водород и кислород частью заключены в соединениях, содержащих углерод и азот, частью же входят в состав воды и воздуха, *Негели* преимущественно обратил внимание на усвоение углерода и азота. Главнейшие результаты его работы заключаются в следующем.

1. Азот может быть усвоен из всех амидов и аминов независимо от степени усвоения углерода из предлагаемого соединения; к телам, из которых грибы (бактерии) заимствуют азот и углерод, он относит ацетамид, метиламин, этиламин, пропиламин, аспарагин, лейцин; оксамид и мочевина, напротив того, доставляют только азот. Источником азота он считает все аммиачные соли, между тем как азотнокислые соли оказались только пригодными для питания плесней и бактерий, а не для бродильного грибка. Ни свободный газообразный азот, а равно и ни азот циана и тех соединений, которые содержат его в этом виде, вовсе не усваивались грибами. Всего легче усваивался азот в виде NH_2, труднее в виде NH, еще труднее в виде NO (без H) и совсем не воспринимался в виде соединения с водородом и кислородом.

2. Углерод усваивался грибами из огромного числа органических соединений; при этом *Негели* подтвердил показание *Пастера,* что в кислой жидкости преимущественно развиваются плесни, а в щелочной — бактерии. Общий характер пригодных для питания органических соединений *Негели* полагает в присутствии группы CH_2 или CH. Соединения же, заключающие углерод с другими элементами, без непосредственной связи с водородом (например, мочевина, щавелевая кислота, оксамид) не могут служить источником углерода для грибов. На с. 404 *Негели* располагает органические соединения по степени пригодности их для питания грибов в следующий ряд, начиная с наиболее легко усваиваемых соединений:

1) сахаристые вещества;
2) маннит, глицерин, группа углерода в лейцине;
3) виннокаменная кислота, лимонная, янтарная, группа углерода в аспарагине;
4) уксусная кислота, алкоголь, хинная кислота;
5) бензойная кислота, салициловая; группа углерода в пропиламине;
6) группа углерода в метиламине, фенол.

При этом, однако, *Негели* сам придает лишь условное значение этому

выводу вследствие различных причин, затрудняющих изучение питания грибов.

Интересно также сопоставление в ряд отдельных органических веществ (взятых всегда в смеси с минеральными солями) и смесей из соединений, служащих источником углерода и азота. Наиболее пригодные смеси помещены в начале ряда:

1) белок (пептоны) и сахар;
2) лейцин и сахар;
3) виннокаменнокислый аммиак, или сальмиак [31*], и сахар;
4) белок (пептон);
5) лейцин;
6) виннокаменнокислый аммиак, янтарнокислый аммиак, аспарагин;
7) уксуснокислый аммиак.

Расположение в ряд было сделано *Негели* на основании опытов с Penicillium; подобные же результаты дали ему культуры бродильных грибков и бактерий.

К сожалению, вышеприведенные интересные результаты не могут быть приняты за безусловно верные и требуют тщательной проверки. Одно из главных возражений заключается в том, что *Негели* при устройстве опытов исходил из недоказанного положения, что все изменения в приготовленных смесях обусловливались зародышами простейших организмов. Между тем если только допустить возможность изменения в составе органических соединений под влиянием одних только неорганических солей и воздуха, то опыты его, имевшие целью выяснить, из каких соединений грибки могут заимствовать углерод и азот, теряют значение, которое он им придает. В виде примера я укажу на смеси, заключавшие метил-, этил- или пропиламин; разложение их, соединенное на воздухе с образованием аммиака, весьма вероятно, тем более что некоторые из опытов *Негели* продолжались более года. Развитие в этих смесях простейших организмов не может, следовательно, служить доказательством, что упомянутые амины послужили им непосредственно пищею; только в том случае, когда была бы доказана неизменяемость аминов в смеси, устраненной от зародышей, мы имели бы право вывести это заключение.

Подобное же рассуждение применимо ко многим другим опытам *Негели*. Исследования *Негели* не способны также дать точных указаний на степень пригодности смесей для питания каждой из трех групп грибов, так как нигде не имеется указаний на степень чистоты культуры. В общей части *Негели* описывает несколько приемов безупречно чистой культуры одной грибной формы, но в специальной части эти приемы, по-видимому, не нашли применения; напротив того, неоднократные указания на последовательное появление в одной и той же смеси бродильных грибков, плесней и бактерий несомненно указывают, что на чистоту культуры не было обращено надлежащего внимания.

На с. 458 этой же работы *Негели* приводит результаты опытов, имевших целью: 1) определить значение минеральных веществ в питании грибов и 2) исследовать, насколько замена одного элемента другим,

сходным, может повлиять на процесс питания грибов. Рассматривая опыты, на которые ссылается *Негели*, нельзя признать их удовлетворительными; они возбуждают недоверие как по малочисленности, так и в особенности по способу их производства. Отсутствие анализов золы выращенных организмов оставляет читателя в неизвестности, насколько была устроена *Негели* составная часть пищи, от которой он считал свободной составленную смесь, или, другими словами, насколько грибной организм в состоянии развиться без участия исключенной составной части пищи.

Предметом особой работы *Негели* избрал [347] расследование синтеза жира в грибах. Он имел в виду выяснить ближайший источник образования жира и решить, заключается ли он в белковых телах или в углеводах. Желаемого определенного результата, однако, не получилось. *Негели* пришел к заключению, что химический состав пищи не имеет влияния на образование жира, так как в жидкостях совершенно одинакового состава получалось весьма различное количество жира, и наоборот. По мнению *Негели*, образование жира в грибах обусловливается главным образом физиологическими моментами, которые совершенно маскируют влияние состава пищи. *Негели* полагает (L. с., с. 294), что жиры образуются в грибах, как в высших растениях, внутри клеток обыкновенными растительными процессами, а не брожением. Отношение синтеза жира к питанию *Негели* характеризует следующим образом: 1) образование жира происходит тем быстрее, чем энергичнее рост, и 2) при одинаковых условиях тем значительнее, чем интенсивнее процесс дыхания. В подтверждение последнего положения он приводит, что только плесни, растущие в присутствии кислорода, богаты жиром. Причем воздушные гифы их богаче жиром, чем части, погруженные в субстрат.

Эти исследования страдают одинаковыми недостатками с предыдущими; тем не менее как те, так и другие заслуживают полного внимания и послужат исходною точкою при дальнейшем расследовании синтеза органических соединений в грибах.

Влияние света на развитие (питание) грибов

Влияние света на развитие грибов проявляется, между прочим, в том, что некоторые грибы (см. ниже) только на свету образуют споры; светом вызывается укороченный рост, а также и изгибы гриба при одностороннем освещении. Данных относительно влияния света на грибы имеется весьма немного; ввиду того что грибы в состоянии совершать полный цикл своего развития в темноте, почти не обращали внимания на отношение их к свету, считая его влияние более чем второстепенным. Между тем этот вопрос заслуживает полного внимания физиологов. Некоторые грибные формы обнаружили несомненную зависимость в развитии от света.

---

[347] *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1879. (Sitzung, v. 3, Mai).

Примером сравнительно большого разрастания в длину в отсутствие света может служить Pilobolus crystallinus, что заметил уже *Гофмейстер*[348]. *Брефельд*[349] подтвердил то же самое для Pilobolus microsporus, Coprinus stercorarius, Coprinus ephemerus, *Вайск* — для Phycomyces nitens. Особенно интересна значительная разница в росте гиф Pilobolus microsporus; по наблюдениям *Брефельда*, они не дают даже фруктификации в темноте и продолжают расти неопределенно долгое время в длину. Гелиотропизм грибов, притом положительный, наблюдали *Гофмейстер* у гиф Pilobolus и у ножек Coprinus niveus, *Регель* —у Pilobolus crystallinus и Mucor Mucedo, *Воронин* на шейках плодов Sordaria fimiseda, *Винтер* у плодоносцев Peziza Fuckeliana de Bary и у шеек перитециев Sordaria decipiens Wint[350]. *Крабе*[351] упоминает о гелиотропизме Baeomyces roseus; в темном месте при полном отсутствии света или одностороннем слабом освещении он наблюдал чрезвычайно сильное удлинение ножки, между тем как головка с гименеем оставалась недоразвитою. Литература о действии света на грибы и проверка предыдущих работ находятся в статье *Регеля* «О действии света на грибы» (отдельный оттиск из «Трудов Общества естествоиспытателей при С.-Петербургском университете»).

Какие при этом производятся светом химические изменения в грибках, совершенно неизвестно; одно только выяснилось с достаточною определенностью, что гелиотропические изгибы в грибах, как и в высших растениях, вызываются преимущественно лучами большей преломляемости.

Из всего вышесказанного вытекают следующие главнейшие положения касательно питания грибов (простейших сапрофитов).

1. Грибы (простейшие) построены главным образом из тех же трех групп органических соединений, как и хлорофиллоносные растения, именно из углеводов, жиров и белковых тел.

2. Их удается выращивать в смеси простого состава, составленной из нескольких неорганических солей и одного органического соединения (сахара, глицерина или даже уксусной кислоты).

3. В питании грибов, как и хлорофиллоносных, необходимо различать две фазы: а) синтез органических соединений и б) переработку их в организованные образования. Обе эти фазы питания проявляются при выращивании грибов в смеси минеральных солей с одним из органических соединений. При культуре грибов в жидкости, заключающей все необходимые для грибов органические соединения, первая фаза питания выпадает.

4. Некоторые из простейших грибов, например бродильный грибок, нуждаются для полного синтеза в присутствии углевода в жидкости;

---

348 *Hofmeister.* Die Lehre v. d. Pflanzenzelle, p. 289. 1867.
349 *Brefeld.* Sitzb. d. naturf. Gesellsch. z. Berlin. 17, April. (1877).
350 *Sydney v. Vines.* Arbeit. d. Bot. Instit. z. Würzburg. B. 2, 134 (1878).
351 *Krabbe.* Bot. Zeit. 1882, p. 93.

другие же, например бактерии, довольствуются более простым органическим соединением — глицерином или даже уксусною кислотою.

5. Источниками для усвоения углерода служат грибам органические соединения, заключающие группы углеводородную с карбоксиловой или гидроксиловой или же сочетание всех трех групп; напротив того, ни окись углерода, ни альдегиды, ни соединения, составленные из одной карбоксиловой группы, не способны снабжать грибы углеродом.

6. Усвоение азота грибами происходит на счет аммиака и целого ряда сложных азотистых органических соединений. Азотная кислота найдена непригодною для бродильного грибка, но может служить источником азота плесням и бактериям. Усвоение газообразного азота для грибов не доказано. Некоторые указания на усвоение газообразного азота бактериями требуют тщательной проверки.

7. Усвоение кислорода и водорода не отличается от усвоения их высшими растениями.

8. Синтез органических соединений в грибах никогда не сопровождается выделением кислорода в газообразном состоянии. При синтезе в грибах не происходит поглощения световой энергии; поглощается ли при этом в некоторых случаях энергия извне в другой какой-нибудь форме, неизвестно.

9. Положения эти, добытые исключительно расследованиями над простыми грибами, по всему вероятию, окажутся верными не только для остальных представителей класса грибов, но и для тех из цветковых растений, которые совершенно лишены хлорофилла или содержат его лишь в минимальном количестве.

Изменения, вызываемые простейшими грибами в субстратах, служащих для их развития

В заключение раздела о питании простейших грибов я остановлюсь несколько на описании изменений, которые вызываются ими в различных субстратах. Я вкратце коснулся этого предмета в главе II и там уже указал, что для жизни организмов, вызывающих брожение и гниение, эти процессы служат источником тепловой энергии, необходимой для жизненных отправлений, в отсутствие кислорода. Ознакомив читателя предварительно с питанием грибов, я постараюсь здесь выяснить результаты, полученные касательно химической стороны брожений (и гниения) и связи их с остальными жизненными отправлениями грибных организмов.

Изменения эти, рассматриваемые обыкновенно под собирательным названием брожения и гниения, весьма различны и зависят, с одной стороны, от организма, с другой — от состава субстрата. Брожение и гниение не поддаются резкому разграничению. Обыкновенно брожением называется разложение субстрата, сопровождаемое выделением газов, чаще всего одной углекислоты, реже вместе с водородом, азотом или углеводородами; разложение, сопровождаемое выделением газов, неприятно действующих на обоняние, обозначают названием *гниения*.

До сих пор не удалось еще выяснить окончательно связи брожения и гниения субстрата с питанием грибов. Различие взглядов по этому предмету было мною отчасти изложено выше. Склоняясь более на сторону *Траубе*, *Гоппе-Зейлера* и *Бертело*, которые приписывают разложения, производимые грибами в субстратах, не непосредственно им самим, а выделяемым ими аморфным ферментам и признают необходимым для произведения брожения и гниения присутствие грибов только как аппаратов, приготовляющих аморфные ферменты, я нашел более удобным изложить сведения о брожении и гниении отдельно от процессов нормального питания и развития грибов.

Примечание. Описывая наиболее выдающиеся теории брожения, я с намерением не упомянул о *Мейере* на том основании, что его воззрения не только лишены фактической подкладки, но находятся, на мой взгляд, в прямом противоречии с наилучшими опытами по брожению. Автор этот, приобретший почетное имя и известность превосходно изложенной агрономической химией, произвел целый ряд работ по брожению и издал также «Химию брожения», вышедшую в 1879 г. 3-м изданием [352]. К сожалению, опыты *Мейера,* относящиеся главным образом к спиртовому брожению, допускают весьма веские возражения, отчасти высказанные уже *Негели* [353], и недоказательны, по моему мнению, вследствие направильной постановки. Все почти опыты *Мейер* устраивал, допуская следующее положение, не только недоказанное, но совершенно неверное, именно полное соответствие спиртового брожения с развитием грибка. Допустив это, он счел возможным определять большую или меньшую пригодность для питания смеси или даже отдельных составных частей по количеству выделенной углекислоты или образованного алкоголя, т. е. по интенсивности спиртового брожения. Этот взгляд проводится им и в третьем издании его «Химии брожения», где сведены и все прежние работы автора. «Химия брожения», изящно и просто изложенная, читается с большим удовольствием; только неверные теоретические взгляды автора и несколько поверхностная обработка последних глав умаляют приятное впечатление, производимое чтением этого, во всяком случае, почтенного труда.

Спиртовое брожение

Уже давно было известно, что преобладающею реакцией при спиртовом брожении является распадение глюкозы на спирт и углекислоту, вследствие чего и самое брожение получило название спиртового брожения. Затем *Гей-Люссак* показал, что сумма веса образованного спирта и углекислоты приблизительно равна исчезнувшей глюкозе. Наиболее тщательные расследования касательно изменения жидкости при спиртовом брожении были произведены *Пастером* [354]. Он также нашел, что материалом брожения служит сахар; если в жидкости содержится не глюкоза, а тростниковый сахар, то последний сперва превращается в глюкозу по формуле $C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=C_{12}H_{24}O_{12}$, присоединяя к себе частицу воды, и затем уже расщепляется на несколько более простых тел. Кроме спирта и углекислоты, уже указанных предшествовавшими исследователями, *Пастеру* удалось открыть в числе постоянных продук-

---

[352] *Mayer.* Unters. üb. alkohol. Gährung, 1869; его же: Land. Vers. 11; 443, 14; 1 и 470. 16; 277. *Mayer* и *Knieriem.* Land. Vers. 16, 305.
[353] *Nägeli.* Sitzungsb. d. Bayer. Ak. 1879; Sitz. 5 Juli, p. 419.
[354] *Pasteur.* Ann. Chim. Phys. Ser. 3. T. 58, 323 (1863).

тов спиртового брожения еще глицерин и янтарную кислоту. Так, например, из 100 частей тростникового сахара *Пастер* получил в одном случае 105,26 частей по весу глюкозы, которые при спиртовом брожении дали:

51,11	частей	алкоголя
50,00	»	углекислоты
3,16	»	глицерина
0,67	»	янтарной кислоты

(1,00 часть сахара была при этом усвоена дрожжами.) Другими словами, при спиртовом брожении тростникового сахара из 100 частей его 95 распались на спирт и углекислоту, 4 — на глицерин и янтарную кислоту и 1 часть сахара вошла в состав дрожжей.

Приведенные цифры, по свидетельству *Пастера*, обнаруживают, однако, колебания в известных пределах, вызванные различиями условий опыта; так, например, количество глицерина колеблется между 2 и 6%, количество янтарной кислоты — между 0,5 и 0,7%.

Пастер поясняет, между прочим, что не следует представлять себе, чтобы при спиртовом брожении указанные реакции были совершенно независимы одна от другой и распределялись по различным молекулам глюкозы. Он рассматривает спиртовое брожение за весьма сложный процесс, вызываемый клетками бродильного грибка; изменения, обусловливаемые этими клетками в жидкости, тесно связаны, по представлению *Пастера*, с жизнью грибка и с созиданием в нем сложных органических соединений, каковы, например, клетчатка, жиры и белковые тела.

Пастер нашел, кроме того, что относительные количества образованного бродильного грибка и разложенного сахара могут быть весьма различны, смотря по условиям опыта. Уже выше было указано, что ему удавалось, регулируя доступ кислорода, изменять по произволу отношение количества образованных дрожжей к разложенному сахару в пределах между $^1/_4$ и $^1/_{176}$; в этих дробях числитель выражает вес образованных дрожжей, а знаменатель вес разложенного сахара [355]. На рис. 61 обстоятельно описан прибор, в котором производилось брожение в отсутствие кислорода и получалось разрастание, хотя и слабое, дрожжей, введенных в жидкость. При этом оказалось, что только очень молодые дрожжи разрастались в отсутствие кислорода, старые же производили брожение, не размножаясь.

Чтобы сделать влияние кислорода на брожение по возможности наглядным, *Пастер* [356] устроил два параллельных опыта; один из них был произведен в отсутствие кислорода в вышеописанном сосуде; другой — в колбе, сходной, но гораздо большей; над налитой жидкостью оставался значительный объем воздуха. В оба сосуда введено было одновременно по минимальному количеству Saccharomyces pastorianus. Для

[355] *Pasteur*. Etudes s. l. bière, 1876.
[356] *Pasteur*. Etudes s. l. bière, p. 236.

брожения была взята смесь отвара дрожжей, заключавшая 5% тростникового сахара. В сосуде с воздухом брожение закончилось через 10 дней; образовавшиеся дрожжи весили после высушивания при 100° С 1,970 г; количество разложенного сахара превосходило по весу в 76 раз количество новообразованных дрожжей. Во втором сосуде при устранении кислорода брожение шло гораздо медленнее, через 19 дней после начала опыта оно еще обнаруживалось, хотя уже в слабой степени; в жидкости оказалось 1,368 г дрожжей; количество разложенного сахара равнялось 145,4 г, т. е. превосходило вес дрожжей в 89 раз.

Наибольшую разницу удалось *Пастеру* получить при посеве старых дрожжей, с одной стороны, в жидкость, лишенную кислорода, а с другой — оставляя дрожжи в присутствии кислорода в плоской чашке, в тонком слое жидкости[357]. При этих опытах несомненным образом выяснилась зависимость роста бродильного гриба от кислорода и возможность спиртового брожения в отсутствие кислорода. Но они не разрешили, по моему мнению, еще вопроса о влиянии кислорода на спиртовое брожение, как полагает *Пастер*. Он принимает, основываясь на вышеприведенных цифрах, что в присутствии воздуха (кислорода) спиртовое брожение замедляется. *Шютценбергер*[358] уже высказал, что опыты *Пастера* нельзя признать вполне доказательными. На результате опыта не могло не отразиться различное разрастание грибка в обоих сосудах; из введенного количества дрожжей в присутствии кислорода образовалось их гораздо больше, чем в сосуде без кислорода. Если бы, несмотря на большое число новообразованных дрожжей, в сосуде с воздухом было разложено в определенный промежуток времени меньшее количество сахара, то вывод *Пастера* не подлежал бы сомнению. На самом деле, однако, произошло обратное; в первом из вышеописанных опытов *Пастера* в присутствии воздуха все количество сахара оказалось разложенным в первые десять дней, между тем как в сосуде, лишенном доступа кислорода, брожение продолжалось еще на 14-й день опыта. Конечно, результат этот не может опровергнуть заключения *Пастера*; вследствие более сильного размножения клеток бродильного грибка в присутствии воздуха могло оказаться больше разложенного сахара даже в том случае, если бы, согласно предположению *Пастера*, кислород замедлял спиртовое брожение. Ослабление спиртового брожения каждой отдельной клетки могло быть не только уравновешено, но и восполнено с избытком несоразмерно большим числом их, что и получилось в опыте *Пастера*. По справедливому замечанию *Шютценберга*, вывод *Пастера* мог бы считаться вполне доказательным в том только случае, если бы равные количества дрожжей разлагали в известный промежуток времени при устранении кислорода больше сахара, чем в его присутствии.

Опыты, удовлетворяющие этому условию, были произведены *Негели* и привели его к результату диаметрально противуположному, который

---

357 Ib., p. 244.
358 *Schützenberger*. S. l. fermentations.

он[359] резюмирует в следующих словах: «Не подлежит сомнению, что доступ кислорода благоприятствует брожению».

Для устранения влияния размножения клеток на результат опыта *Негели* помещал дрожжи в чистый сахарный раствор с целью препятствовать их размножению. Сравнительные опыты производились в двух колбах различных размеров; маленькая колба (*A*) емкостью в 65 см³ была доверху наполнена бродящею жидкостью; в большую колбу (*B*), в 1100 см³, было влито также 65 см³ той же жидкости и в каждую колбу прибавлено по ровному количеству дрожжей. Все пять сравнительных опытов[360] дали сходный результат, несогласный с выводом *Пастера*: в первых двух опытах, разнящихся между собою только тем, что в первом из них, кроме сахара, введена была лимонная кислота (1 г), брожение определялось по количеству выделенной углекислоты; в трех остальных — по количеству образованного спирта.

Результаты:

Опыт	Колба A	Колба B								
1-й	29,20	36,2	частей	углекислоты	на 100	частей	разложенного	сахара		
2-й	37,40	49,4	»	»		»	»	»	»	»
3-й	4,65	13,8	»	спирта		»	»	»	»	»
4-й	41,30	48,8	»	»		»	»	»	»	»
5-й	3,76	15,7	»	»		»	»	»	»	»

Примечание. Различие в количествах разложенного спирта обусловливается тем что в опытах 3-м и 5-м прибавлено к жидкости от 2,5 до 3 г лимонной кислоты, задерживавшей брожение; в опыте 4-м дрожжи находились в чистом растворе сахара.

Несмотря на более правильную постановку, опыты *Негели* также не решают окончательно вопроса о влиянии кислорода на брожение, так как он не доказал взвешиванием, что бродильный грибок не увеличил своей массы во время опыта: это дало повод *Мейеру*[361] усомниться в точности результатов *Негели.*

Неблагоприятными для выводов *Негели* оказались опыты *Педерсена*[362] и *Ганзена*[363]. *Педерсен* нашел, что, пропуская ток воздуха через жидкость, заключающую бродильный грибок и способную к брожению, можно получить в 2 раза большее против обыкновенного количества бродильного грибка. Количество разложенного спирта тоже несколько возросло, но далеко не соразмерно разрастанию грибка.

Ганзен произвел целый ряд определений количества клеток бродильного грибка посредством гематометра Гайсма и Наше. В жидкости, сквозь которую пропускалась струя воздуха, получилось в 3 раза большее количество клеток бродильного грибка, между тем как разложение

[359] *Nägeli.* Theorie d. Gährung, p. 25 (1879).
[360] *Nägeli.* L. c., p. 23.
[361] *Mayer.* Land. Vers. 25, 301 (1880).
[362] *Pedersen.* Meddelelser fra Carlsberg Labaratoriet, H. 1, p. 22 (французский текст).
[363] *Hansen.* Compt. rend. d. travaux du laboratorie de Carlsberg, p. 88.

спирта возросло всего в 2 раза сравнительно с сосудом, в котором жидкость оставалась спокойною. При этом причина более сильного разрастания грибка в жидкости, через которую проходил ток воздуха, остается невыясненною, если обратить внимание на другую работу *Ганзена*, помещенную вслед за первой. В этой второй работе *Ганзен* имел в виду проверить показание *Горвати* касательно замедления или даже совершенной приостановки развития простейших организмов под влиянием сотрясений. Одинаковые количества дрожжей были помещены в жидкость, способную к брожению, в два одинаковых сосуда; условия культуры разнились только тем, что один из сосудов стоял спокойно, между тем как в другом жидкость находилась в беспрерывном движении от погруженных в нее пластин, вращаемых часовым механизмом. Получился результат, диаметрально противуположный выводу *Горвата*; в сосуде с жидкостью, поддерживаемою в движении, образовалось от 2—3 раз больше бродильного грибка. Принимая во внимание благоприятное влияние перемешивания жидкости на развитие бродильного грибка, остается нерешенным, обусловливалось ли в первой работе более сильное развитие бродильного грибка в сосуде, через который проходила струя воздуха, кислородом или передвижением жидкости, вызванным струей воздуха.

На основании приведенного разбора наиболее выдающихся работ я считаю вопрос о влиянии кислорода на брожение еще далеким от окончательного решения.

Во всех этих работах сделано одно весьма важное упущение, именно не принято вовсе во внимание влияние накопляющихся продуктов брожения на развитие грибка и на дальнейший ход брожения. Между тем влияние их не подлежит сомнению; при посредстве бродильного грибка удается получить количество спирта, не превышающее 14—15%; брожение, вначале быстрое, со временем постепенно слабеет, наконец прекращается совершенно. По опытам *Бланкенгорна*[364], Saccharomyces Cerevisiae переносит только до 14—15% спирта; от прибавления спирта к жидкости брожение замедляется тем больше, чем значительнее количество спирта, прибавленного к бродящей жидкости. В полном согласии с этими результатами находятся указания *Брефельда*[365], что при 12% спирта останавливается разрастание бродильного грибка, а при 14% прекращается спиртовое брожение. Непосредственным доказательством влияния продуктов разложения сахара на ход спиртового брожения служат опыты *Бусенго*[366]; ему удалось, удаляя из жидкости спирт и углекислоту по мере их образования, довести спиртовое брожение до конца в весьма короткое время. Жидкость нагревалась до 40° C и при посредстве воздушного насоса поддерживалась в кипении. Выделявшийся спирт собирался в охлажденном приемнике. Брожение, несмотря на очень значительное содержание сахара в жидкости, шло до конца с одинаковою скоростью, между тем как при обыкновенных условиях она замедляется,

---

[364] *Blankenhorn.* Ann. d. Oneol. 4, 168. (Just. Jahresb. 1874, p. 351).
[365] *Brefeld.* Landw. Jahrb. Jahrg. 5, p. 306 (1876).
[366] *Boussingault.* C. R. 91, 373 (1880).

как мы видели, по мере накопления спирта в жидкости. Во всех опытах, имевших целью выяснить влияние кислорода на брожение жидкости, лишенной кислорода, брожение замедлялось от накопления спирта; обстоятельство это влияло, помимо воли экспериментатора. на результат опыта; если принять во внимание, кроме того, косвенное влияние различной убыли сахара, а равно и изменения в количествах дрожжей в зависимости от кислорода, то становится понятным, почему, несмотря на значительную затрату времени и труда, вопрос о влиянии кислорода на брожение остается неразрешенным.

Все вышепоименованные виды Saccharomyces оказались совершенно сходными по отношению к спиртовому брожению. Различие между ними проявилось пока лишь в том, что некоторые виды не содержат invertina и, обладая способностью производить спиртовое брожение глюкозы, не разлагают раствора тростникового сахара. По указанию *Ганзена*[367], к последним относится Saccharomyces apiculatus; подобную же форму бродильного грибка, не образующую инвертина, нашел *Ру*[368] на поверхности кусков глюкозы. Грибок этот отличался малым размером и округлою формою клеток.

Выше уже было указано, что S. Mycoderma появляется обыкновенно на поверхности перебродивших жидкостей и вскоре затягивает ее в виде сплошной морщинистой пленки. В этом случае грибок живет как плесень, развивается весьма быстро, поглощая громадное количество кислорода, но не производит вовсе спиртового брожения. Если же стряхиванием и взбалтыванием погрузить пленку на дно сосуда, то при содержании сахара в жидкости обнаруживается по наблюдению *Пастера*[369], спиртовое брожение, отличающееся от обыкновенного только гораздо меньшею интенсивностью.

По исследованиям *Пастера*, подтвержденным *Фицем* и *Брефельдом*, спиртовое брожение вызывается в сахаристых жидкостях при недостаточном доступе воздуха не только бродильными грибками, но и некоторыми из наиболее известных плесеней (Mucor, Penicillium, Aspergillus). Подобно бродильным грибкам, эти плесени питаются и развиваются различно, смотря по количеству предоставленного им кислорода. В присутствии достаточного количества кислорода они очень сильно разрастаются, поглощают очень большое его количество, выделяют соответствующий объем углекислоты и не производят вовсе спиртового брожения. При недостатке же кислорода грибки эти развиваются очень слабо и, как бы взамен роста, вызывают спиртовое брожение в жидкости.

Из Mucor оказались способными производить спиртовое брожение различные виды этого рода.

Наиболее интереса представляет в этом отношении M. racemosus, исследованный *Пастером*[370] и *Брефельдом*[371]. По определению *Брефель-*

[367] *Hansen.* Zeitschr. f. d. g. Brauwesen 4, 449. Jahresb. Agric. Chem. 1881, p. 501.
[368] *Roux.* Bull. soc. chim. 35, 371. (Jahresb. Agric. Chem. 1881, p. 581).
[369] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 110.
[370] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 126.
[371] *Brefeld.* Flora, 1873, p. 385.

да, при посредстве M. racemosus удается получить в сахаристой жидкости до 5% спирта.

Для этого удерживают его мицелий на дне сосуда, подвергая жидкость частому взбалтыванию. Погруженный в жидкость мицелий не образует спорангиев; удлиненные клетки его повторенным поперечным делением распадаются на короткие членики, которые затем вздуваются и принимают округлую форму. Они покрываются шаровидными выпуклостями и отделяют почкованием ряды шаровидных клеток. Через некоторое время мицелий Mucor принимает совершенно своеобразный вид и является построенным из клеток, сходных по форме с бродильным грибком, от которого они, однако, легко отличаются по гораздо большему размеру. В этом измененном виде M. racemosus вызывает брожение. Если же при посредстве выделяющихся пузырьков углекислоты мицелий всплывает на поверхность жидкости, то он вновь начинает жить как плесень; округлые клетки его разрастаются в длинные членики, из каждого членика вырастает в воздух ножка, заканчивающаяся спорангием, возобновляется поглощение кислорода, сопровождаемое выделением углекислоты, и в это же время совершенно прекращается спиртовое брожение.

Брожение, вызываемое Mucor racemosus, оказалось, по исследованиям *Фица*[372], почти тождественным с брожением, производимым S. Cerevisiae. Подобно последнему, Mucor racemosus обладает способностью изменять тростниковый сахар в превращенный; выделяемый при брожении газ оказался чистою углекислотою; спирт и углекислота образовались в таких же приблизительно относительных количествах, как при брожении от бродильного грибка; между продуктами разложения *Фиц* нашел янтарную кислоту.

Спиртовое брожение, производимое Mucor racemosus, останавливалось, по наблюдениям *Фица*, когда количество образованного спирта достигало 3¹/₄—4%; по *Брефельду*[373] — 5%. По достижении этого предельного содержания спирта клетки Mucor racemosus, прекращая брожение, тем не менее не погибали, и *Брефельду* удавалось сохранять их в этой жидкости живыми в продолжение шести месяцев. Кроме обыкновенных продуктов брожения, *Брефельд* находил постоянно сивушное масло и ароматическое соединение приятного запаха, напоминающее грушу.

Из других видов Mucor оказались способными производить спиртовое брожение Mucor stolonifer, M. mucedo, M. circinelloides (до 5,5% спирта), M. spinosus (до 2%); по *Гейону*[374], последние три вида не способны обращать тростниковый сахар в превращенный.

Совершенно подобную зависимость от условий культуры обнаружили, по опытам *Пастера*[375], Penicillium glaucum и Aspergillus glaucus. Раз-

---

[372] *Fitz.* Ber. d. d. chem. Ges. 6, 48 (1873).
[373] *Brefeld.* Unters. üb. Gährung. II, p. 111.
[374] *Gayon.* C. R. 86, 52 (1878).
[375] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 86.

виваясь на поверхности жидкости, они покрывались спорангиями и конидиями и вовсе не вызывали спиртового брожения, при погружении в жидкость изменяли форму клеток в округлую и разлагали сахар на спирт и углекислоту. Из минимального количества спор Penicillium *Пастер* [376] получил при свободном доступе воздуха около 1 г мицелия; жидкость не заключала и следа спирта. При культуре грибка на дне сосуда в отсутствие кислорода мицелий разросся очень мало; в жидкости же накоплялось значительное количество спирта.

Примечание. Для открытия слабого брожения и малых количеств спирта прибегают обыкновенно к следующему приему. Жидкость, в которой предполагают присутствие спирта, подвергают перегонке и собирают для исследования первую, перешедшую в приемник порцию. В нее вливают крепкий раствор едкого кали и прибавляют затем йоду по кусочкам. При осторожном нагревании появляется характерный запах йодоформа; при этом по охлаждении жидкости оседает на дне трубочки йодоформ в виде желтого осадка, составленного из правильных шестигранных табличек.

Эту реакцию удалось *Мюнцу* [377] сделать до такой степени чувствительной, что он был в состоянии открывать спирт при содержание 1 части спирта в 1 000 000 частях воды.

Примечание 2. По опытам *Брефельда* (Landw. Jahrb. 5, 308 [1876]), Oidium lactis тоже производит спиртовое брожение в отсутствие кислорода.

Галловое брожение

Penicillium и Aspergillus отличаются от всех до сих пор описанных форм тем, что они способны производить два рода брожения, не имеющих ничего общего между собою. Кроме спиртового, общего с Mucor и Saccharomyces, они производят еще *галловое брожение.* Выше описаны опыты культуры *Фан-Тигема* [378] Penicillium glaucum и Aspergillus niger на отваре чернильных орешков и в искусственной смеси таннина и минеральных солей при свободном доступе кислорода. Совершенно иные результаты культуры получаются при выращивании этих плесней в описанных смесях при недостаточном количестве воздуха. Подобно тому как при спиртовом брожении мицелий развивается весьма слабо, но при этом разрушает весьма значительное количество таннина, превосходящее вес мицелия более чем в 1000—2000 раз, разлагая его на глюкозу и галловую кислоту, последние по мере образования выкристаллизовываются на стенках сосуда и на нитях мицелия. В виде примера привожу следующий опыт: в 200 см^3 воды было растворено 20 г таннина, 0,2 г азотнокислого аммиака, 0,2 г золы дрожжей. Над жидкостью находилось 40 см^3 воздуха, заключавших 8 см^3 кислорода. Присутствие этого незначительного количества кислорода было достаточно для разложения в 10 дней всего таннина, несмотря на слабое развитие мицелия; на каждые 10 г исчезнувшего таннина образовалось 8,02 г галловой кислоты и 2,82 г глюкозы.

---

[376] *Pasteur.* Ib., p. 99 и 100.
[377] *Müntz.* C. R. 92, 499 (1881).
[378] *Van Thiegem.* Ann. des Nat. S. 5, t. 8, 210 (1867).

Все остальные брожения, а также и разложения субстратов, называемые гниением, производятся бактериями. Из них наиболее известны следующие.

Уксусное брожение

Названием уксусного брожения обозначают изменение спиртовой жидкости, производимое Mycoderma aceti; оно не имеет со спиртовым брожением ничего общего и должно быть приравнено к процессам питания бродильного грибка и плесней, происходящим при развитии на поверхности жидкости и свободном доступе кислорода, вследствие чего оно и было мною описано выше. Аналогию со спиртовым брожением должно искать, по моему мнению, в изменениях жидкости, вызываемых M. aceti, погруженной на дно сосуда; в этом случае, как и у всех только что рассмотренных простейших грибов, видоизменяются как развитие и питание M. aceti, так и разложение окружающей жидкости. Изменения эти весьма мало еще исследованы, но из того, что известно, уже видно, что они совершенно различны от рассмотренных брожений. *Пастеру* удалось показать, что M. aceti не производит спиртового брожения, даже в условиях для него наиболее благоприятных, ни в виноградном соке, ни в других сахаристых жидкостях. При затрудненном доступе кислорода отдельные палочки M. aceti покрываются слизистою оболочкою; продолжая делиться, они слипаются в комки слизи; комки эти быстро разрастаются и нередко, заполнив всю жидкость, достигают поверхности ее и затягивают ее сплошной слизистой пленкой. Пока M. aceti остается покрытою жидкостью, почти не замечается поглощения кислорода воздуха и не обнаруживается также окисления спирта в уксусную кислоту; но лишь только слизистые массы ее достигают поверхности жидкости, оба последние процесса проявляются с чрезвычайною энергией.

Негели[379] нашел, что Mycoderma aceti переводит также метиловый спирт в муравейную кислоту.

Аммиачное брожение

Этим именем обозначают изменения, которым подвергается моча, оставленная на воздухе. Исследования показали, что при этом мочевина $NH_2-CO-NH_2$, соединяясь с H_2O, образует $2NH_3+CO_2$, т. е. углекислый аммиак, обусловливающий аммиачный запах гниющей мочи. При этом моча в свежем состоянии кислая приобретает щелочную реакцию. Исследования *Пастера*[380] и *Фан-Тигема*[381] показали, что разложение мочи обусловливается присутствием грибка, по форме сходного с бродильным, но легко отличимого по гораздо меньшей величине клеток; наибольший размер клетки его равен 0,0015 мм. *Микель*[382] описал фер-

---

[379] *Nägeli.* Theorie d. Gährung, p. 110, 1879.
[380] *Pasteur.* C. R. 52 (1860).
[381] *Van Thiegem.* C. R. 58 (1864).
[382] *Miquel.* Bullet. d. l. sec. chim. 29; 387 (1878). (Jahresb. d. Agric. Chem. 1878, p. 571).

мент аммиачного брожения под названием Torula ammoniacale и относит его к организмам, не нуждающимся в кислороде.

Мускулус[383] открыл, что аммиачное брожение мочи может быть вызвано также *аморфным* ферментом. Прибавив спирта к моче больного, страдавшего катаром мочевого пузыря, он получил осадок, который в высушенном состоянии сохранял долгое время способность вызывать аммиачное брожение мочи; осадок этот растворялся в воде без остатка и не содержал никаких клеток. *Мускулус* принял его за продукт выделения поверхностных клеток мочевого пузыря. Присутствие в моче аморфного фермента подтвердилось исследованиями *Пастера и Жубера*[384]; тем не менее они принимают, что разложение мочи не происходит без участия организованного фермента: аморфный фермент мочи представляет, по их мнению, продукт выделения грибка, описанного *Пастером*, а не клеток мочевого пузыря.

Молочное брожение

Происходит в смеси азотистых и сахаристых веществ, оставленной на воздухе, и характеризуется появлением в жидкости кислой реакции, обусловленной образованием молочной кислоты. Уже *Фреми* и *Бутрон* заметили, что по мере возрастания кислой реакции в жидкости образование молочной кислоты постепенно ослабевает и затем совершенно прекращается; им удалось вызвать образование гораздо более значительного количества молочной кислоты, нейтрализуя жидкость углекислым натрием. Лучший результат получается от прибавления к жидкости мела, который насыщает молочную кислоту по мере ее образования. *Пастер*[385] нашел, что молочное брожение производится особенным микроскопическим организмом из округлых, весьма мелких клеток (в $^1/_{600}$ мм в диаметре), соединенных в цепочки; не определяя этого организма обстоятельнее, *Пастер* назвал его ферментом молочного брожения. До настоящего времени не удалось определить природы его точнее. *Пастер* получал успешное развитие этого фермента, сопровождаемое молочным брожением, в смеси отвара дрожжей, сахаристого вещества и мела. Отвар дрожжей был приготовлен кипячением 1 части дрожжей с 15—20 частями по весу воды. Для получения светлого фильтрата жидкость подвергалась предварительно кипячению с мелом или известковой водой. К прозрачному фильтрату примешивалось от 50 до 100 г сахара на литр воды и несколько молочного фермента, снятого с жидкости, подвергнутой этому брожению.

Быстрое развитие молочного фермента получилось *Пастером* в смеси сахара, небольшого количества аммиачной соли, фосфорнокислых щелочей и щелочных земель и углекислого кальция. Развитие его сопровождалось молочным брожением; через 24 часа после посева жидкость уже

---

383 *Musculus.* C. R. 82, 333 (1876).
384 *Pasteur et Joubert.* C. R. 83, 5 (1876).
385 *Pasteur.* Ann. Chim. Phys. S. 3, t. 52 (1858); его же: C. R. 48, 337 (1859).

делалась мутною и начинала выделять пузырьки газа. Отношение молочного брожения к развитию грибка остается тем не менее еще совершенно не расследованным. Известно только, что фермент молочного брожения требует для своего развития кислорода. С устранением последнего прекращается, по опытам *Бутру*[386], молочное брожение.

Масляное брожение

Сопровождается образованием масляной кислоты, углекислоты и выделением водорода; последний признак, однако, не вполне верный, так как *Пастеру* неоднократно удавалось наблюдать масляное брожение[32*] (при разложении молочнокислого кальция) без выделения водорода. Между продуктами масляного брожения *Пастер* находил часто бутиловый спирт. Масляному брожению легко подвергаются белковые соединения, сахаристые тела, крахмал, а также кислоты: виннокаменная, молочная, лимонная, яблочная, слизистая и др.

Пастер[387] первый заметил, что масляное брожение обусловливается бактерией, имеющей вид маленьких палочек, нередко соединенных в цепочки из 2, 3 и более члеников; каждый членик закруглен на концах. *Пастер* назвал его Fermentum butyricum; по *Кону*[388], бактерия эта есть Bacillus subtilis; *Празмовский*[389] отрицает тождество этих организмов и рассматривает бактерию масляного брожения за форму особенную, которую относит к новому, установленному им роду Clostridium и к виду Clostridium butyricum. Уже *Пастер* наблюдал, что бактерия масляного брожения не только не нуждается в свободном кислороде, но, по-видимому, отмирает при перенесении из бродящей жидкости в воздух. В жидкости, совершенно лишенной этого газа, она развивалась превосходно; палочковидные клетки при этом быстро двигались и размножались; от перенесения в воздух движение их почти моментально прекращалось и клетки, по-видимому, отмирали[390]. Наблюдения над этой бактерией послужили поводом *Пастеру* к разделению простейших грибов, производящих брожения, на формы, требующие кислорода для своего развития, и формы, не нуждающиеся в этом газе (см. выше). При этом, однако, до сих пор остался неразрешенным вопрос, насколько тесно связана с формою грибка принадлежность его к одной из этих категорий. *Празмовский* склонен, по-видимому, признать две совершенно различные категории организмов. Положение это, однако, нельзя признать доказанным, так как *Пастер* считает этот вопрос открытым и даже относительно бактерии масляного брожения не утверждает, что она вовсе не способна жить в присутствии кислорода; он считает возможным, что в наблюден-

---

386 *Bonrtroux*. C. R. 86, 605 (1878).
387 *Pasteur*. Etudes s. l. bière, p. 295.
388 *Cohn*. Bietr. z. Biol. d. Pflanzen. B. 1, p. 188 (1872).
389 *Prazmowski*. Unters. üb. d. Entwickelungsgeschichte u. Fermenwirkung einiger Bacterienarten. 1880.
390 *Pasteur*. L. c., p. 298.

ных им случаях причиной отмирания этой бактерии на воздухе было внезапное изменение условий культуры.

Вредное влияние кислорода на бактерию масляного брожения *Пастер* показал следующим наглядным способом; две пробирные трубочки были наполовину наполнены жидкостью, находившейся в масляном брожении; через одну из них пропускался воздух, через другую — струя углекислоты. В первой через полчаса бактерии оказались неподвижными, отмерли и брожение прекратилось; во второй по прошествии трех часов бактерии найдены были еще в быстром движении и брожение продолжалось.

Не менее интересен предложенный *Пастером* [391] простой способ для обнаружения различного отношения к кислороду бактерий обеих вышеописанных категорий. На предметные стеклышки помещают по капле жидкости: одну с бактериями, нуждающимися в кислороде, другую с бактериями масляного брожения; обе капли покрывают покровными пластинками. Бактерии масляного брожения перестают раньше двигаться вдоль краев покровной пластинки и тем дольше пребывают в движении, чем ближе находятся к центру капли; напротив того, бактерии, развившиеся в присутствии воздуха и нуждающиеся для жизни в кислороде, переходят в неподвижное состояние прежде всего в центре капли и гораздо позже вдоль краев пластинки.

Из других брожений, причиняемых бактериями и мало еще изученных, я отмечу следующие с обозначением главнейших продуктов брожения [392].

Вещество разлагаемое	Главные продукты брожения (кроме улгекислоты)
Брожение глицерина	1. Этиловый спирт 2. Бутиловый спирт
Брожение глицериновокислого кальция	Уксуснокислый кальций с небольшим количеством масляной кислоты и следами алкоголя
Брожение эритрита	1. Янтарная кислота 2. Летучие кислоты (масляная, уксусная и следы муравейной)
Брожение маннита	1. Янтарная, молочная, масляная кислоты и несколько капроновой и масляной 2. Алкоголь, муравейная кислота и несколько янтарной
Брожение крахмала	Масляная кислота (35%), уксусная (9%) и небольшое количество янтарной
Брожение инулина	Брожение, сходное с предыдущим; при этом образуются в небольшом количестве алкоголь и летучие жирные кислоты
Брожение дульцита	Масляная кислота и немного алкоголя
Брожение кверцита	Почти исключительно масляная кислота
Брожение муравейной кислоты	Водород

391 *Pasteur*. L. c., p. 294.

392 См. статьи: *Fitz*. Ber. d. d. chem. Ges. и *Попов*. Pflüger Archiv 12, 113 (О брожении муравейной кислоты).

Брожение уксусной кислоты	Болотный газ
Брожение молочной кислоты	Пропионовая и уксусная кислоты
Брожение молочнокислого кальция	1. Много пропионовой кислоты, следы алкоголя, янтарной кислоты и углекислого кальция 2. Пропионовая, нормальная масляная и углекислый кальций 3. Масляная кислота, углекислый кальций, несколько этилового и бутилового спирта
Брожение лимонной кислоты	Алкоголь, уксусная кислота и несколько янтарной
Брожение яблочной кислоты	1. Уксусная и янтарная кислоты 2. Пропионовая, уксусная кислоты и несколько алкоголя 3. Масляная кислота и водород
Брожение виннокаменнокислого кальция	1. Уксусная кислота, небольшое количество спирта и следы янтарной кислоты 2. Пропионовая кислота 3. Масляная кислота

Большая часть этих брожений исследована *Фицом* [393]; брожение муравейной кислоты — *Поповым* [394], уксусной и муравейной — *Гоппе-Зейлером* [395].

Особенную категорию составляют *пигментные брожения*, сопровождаемые образованием различных пигментов, окрашивающих частью бактерии, частью субстрат; этого рода брожения были расследованы главным образом *Коном* [396] и *Шретером* [397]. Между пигментами этих брожений они наблюдали красный, оранжевый, желтый, зеленый, синий и фиолетовый. По *Шретеру*, все они вызываются одной формой бактерий, которую он назвал Bacteridium prodigiosum. По мнению *Кона*, форма, обозначенная этим именем *Шретером*, не представляет самостоятельного организма и заключает в себе несколько видов, принадлежащих к родам Micrococcus и Bacterium, установленным *Коном*. Относительно бактерий, вызывающих гниение, показания не согласны; *Кон* [398] приписывает гниение одной только форме Bacterium Termo; по наблюдениям *Фан-Тигема* [399], гниение растительных тканей обусловливается Bacillus amylobacter.

К процессам гниения должно быть отнесено разложение бактериями органических соединений, в том числе и вулканизированного каучука, сопровождаемое выделением сероводорода. По наблюдениям *Микеля* [400], разложение это производится особенною формою бактерии. Сюда относят-

---

393 *Fitz.* Ber. d. d. chem. Ges. 9, 1349 (1876), 10; 276 (1877), 11; 42 и 1880; (1878) 12; 474 (1879) 13; 206 (1880).
394 *Popoff.* Pflügers. Archiv. 10, 113.
395 *Hoppe-Seiler.* Pflügers Archiv. 12, 1.
396 *Cohn.* Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. 1872.
397 *Schröter.* Cohn Beitr. z. Biol. z. Pflanzen B. 1. ä H. 2.
398 *Cohn.* Beitr. z. Biol. d. Pflanzen. B. 1, 202 (1872).
399 *Van Thiegem.* Bullet. d. l. Soc. de France 24, 128 (1877).
400 *Miquel.* Bullet. Par. 31, 530. (Jahresb. Agr. Chem. 1880, p. 528).

ся и разложения, производимые в органических субстратах Beggiatoa, которую некоторые исследователи относят к бактериям, другие к водорослям Oscillarieae.

Разложение жидкости Beggiatoa, сопровождаемое выделением сероводорода, проявляется особенно сильно при возможно большем устранении кислорода; при этом нити ее не только остаются живыми, но и продолжают расти. *Лотар Мейер*[401] нашел в воде горячего источника Ландека, оставленной в продолжение четырех месяцев с Beggiatoa, в 5 раз больше сероводорода, чем в воде, не содержавшей этого организма. Выделение сероводорода Beggiatoa было наблюдаемо *Коном* на дне аквария, в котором белые нити ее оставались покрытыми землею. Этому организму *Кон* приписывает обильное выделение сероводорода вдоль берегов Дании, между Копенгагеном и Гельзингером, которое по временам до того усиливается, что беспокоит прибрежных жителей.

Кроме того, *Кон* наблюдал выделение серы на поверхности жидкости и внутри клеток Beggiatoa, если держать ее в воде в открытом сосуде. Сера выделяется в виде мельчайшего порошка, легко пристающего ко всякому опускаемому в воду предмету; со временем значительная часть ее оседает на дно сосуда.

Примечание. Серу находили, кроме того, в клетках Oscillaria, Clathrocystis rosea persicina, Monas Okeni, Ophidomonas (Spirillum) sanguinea. Насколько эти организмы в состоянии жить без кислорода и способны, подобно Beggiatoa, выделять сероводород, остается пока неизвестным.

В заключение мне остается еще упомянуть о разложении бактериями сернокислых солей с выделением сероводорода, о раскислении нитратов в нитриты и об образовании при посредстве бактерий в почве селитры.

Раскисление сернокислых солей с выделением сероводорода производится, по наблюдениям *Планшо*[402], особую формою бактерии в виде бесцветных нитей, наполненных шаровидными тельцами, которые, к сожалению, яснее не описаны. Подобные наблюдения сделаны *Фицом*[403]; он приписывает раскисление сернокислых солей бактерии из рода Micrococcus.

Бешан[404] и *Мейзель*[405] наблюдали раскисление азотных солей бактериями. По мнению *Фица*[406], появление нитритов и дальнейших степеней раскисления азотнокислых солей не находится в непосредственной связи с развитием бактерий и представляет лишь побочное явление, вызываемое водородом, который выделяется бактериями из окружающей жидкости.

---

[401] *Lothar Meyer.* Journ. f. pract. Chem. 91, 1 (1864).
[402] *Planchau.* C. R. 84, 235 (1877).
[403] *Fitz.* Ber. d. d. Chem. Ges. 12, 474 (1879).
[404] *Beschamp.* C. R. 83, 158 (1876).
[405] *Meusel.* Ber. d. d. Chem. Ges. 8, 1214 (1875).
[406] *Fitz.* Ber. d. d. Chem. Ges. 9, 1349 (1876).

Селитряное брожение

Весьма любопытные исследования произведены в последнее время *Шлезингом* и *Мюнцом*[407] над селитряным, или азотнокислым, брожением. Они показали, что образование селитры как в почве, так и в селитряницах обусловливается присутствием бактерий. Образование селитры происходило при медленном фильтровании грязной воды из водосточных труб сквозь трубку с мелким кварцевым песком и известью. Широкая стеклянная трубка в 1 м длины была наполнена смесью из 5 кг кварцевого, предварительно прокаленного песка и 100 г известкового порошка. Фильтрование происходило медленно, и только на 8-й день после первой поливки песка начала вытекать вода из нижнего конца трубки. В первые 12 дней фильтрат не заключал еще селитры и количество аммиака в фильтруемой жидкости оставалось постоянным. Затем появилась азотная кислота; содержание ее с каждым днем увеличивалось и возросло наконец до того, что через некоторое время весь аммиак, пропускаемый через трубку в жидкость, оказывался превращенным в азотную кислоту. Значительное запаздывание в появлении селитры заставило уже усомниться в том, что образование азотной кислоты из аммиака происходило, как это предполагали, вследствие непосредственного окисления аммиака и органических соединений кислородом воздуха. Это запаздывание между тем становилось понятным при предположении участия в образовании селитры какого-нибудь организованного фермента. Имея в виду, что предполагаемый фермент мог развиться только из сравнительно незначительного количества зародышей, случайно попавших в жидкость извне, *Шлезинг* и *Мюнц* заключили, что, согласно полученному результату, обусловленное этим организмом брожение должно было сделаться заметным только по прошествии нескольких дней.

Предположение свое они старались проверить различными путями. *Мюнцу* уже раньше удалось открыть средство распознавать, производится ли брожение организованным ферментом или аморфным. Для этого оказалось достаточным подвергнуть бродящую среду действию паров хлороформа. Хлороформ, убивая организмы, прекращал брожения, производимые организованными ферментами, и не задерживал разложений от ферментов аморфных.

В одном из опытов, продолжавшемся 4 месяца, *Шлезинг* и *Мюнц* наполнили трубку парами хлороформа. Следствием этого было прекращение образования селитры; при медленном прохождении жидкости по трубке нельзя было и ожидать быстрого уменьшения и исчезания селитры в фильтрате; мы видели, что налитая в трубку жидкость достигала нижнего ее конца только по прошествии 8 дней. В соответствии с этим спустя 10 дней после начала действия паров хлороформа в фильтрате совершенно исчезла селитра и стекающая жидкость содержала вновь, как в самом начале опыта, все количество аммиака, которое заключалось

---

[407] *Schloesing et Münz.* C. R. 84, 301 (1877) u. C. R. 89, 891 (1879).

в наливаемой в трубку жидкости. Содержимое трубки было подвергнуто действию паров хлороформа в продолжение 15 дней; стекавшая из трубки вода обнаруживала запах хлороформа в продолжение следующих двух недель. Селитра не появлялась в приборе в продолжение всего следующего месяца. Тогда *Шлезинг* и *Мюнц* попробовали произвести посев предполагаемого организованного фермента; распустив в воде 10 г почвы, содержавшей селитру, они полили этою мутною жидкостью песок трубки. На 9-й день, согласно их ожиданию, селитра в первый раз вновь появилась в фильтрате; количество ее с тех пор постепенно возрастало до конца опыта.

Впоследствии *Шлезингу* и *Мюнцу* удалось увидеть организм, причиняющий азотнокислое брожение. Они достигли этого, заставляя его развиваться в предварительно прокипяченной жидкости, к которой прибавили несколько почвы, заключавшей уже селитру. Для этой цели они воспользовались частью профильтрованной и предварительно прокипяченной водой из водосточных труб, частью различными искусственными смесями из минеральных солей и органических соединений. Жидкости эти оставались без изменения неопределенное время при устранении зародышей бактерий селитряного брожения. При посеве их уже в скором времени появились в жидкости в большом количестве незначительной величины организованные тельца. Тельца эти состояли из округлых, несколько удлиненных клеток, размножающихся почкованием, и представляли некоторое сходство с M. aceti. Они лежали свободно или соединены были попарно. При температуре в 100° C они погибали по прошествии минут десяти. Кроме того, оказалось, что они погибают от высыхания почвы при обыкновенной температуре. Земля, заключавшая селитру, после высушивания на воздухе не образовала селитры. В воздухе не удалось еще открыть зародышей этого организма.

Замечательно, что ни плесни (Penicillium glaucum, Aspergillus niger, Mucor Mucedo, M. racemosus, Mycoderma vini), ни Mycoderma aceti не оказались способными переводить аммиак и органические соединения в азотную кислоту. При культуре в смеси с азотнокислыми солями все эти организмы производили раскисление азотной кислоты, превращая ее в органические азотистые соединения или в аммиак.

Примечание. Открытие зависимости образования в почве селитры от присутствия в ней бактерий в связи со всеми остальными вышеизложенными наблюдениями над участием простейших организмов в разложении мертвых остатков животного и растительного происхождения наводит на мысль, что и разложения, имеющие место в почве, особенно удобренной, тоже сведутся со временем к исключительному почти участию простейших организмов. Если предположение это подтвердится фактами, то может оказаться необходимым позаботиться о введении в почву не только смеси органических веществ и минеральных, но и достаточного количества простейших организмов для возможно успешного разложения почвы. Поэтому не без основания может быть поставлен вопрос: не сведется ли в будущем успешная культура и богатые урожаи хлебных растений на приспособление почвы к роскошному развитию в ней микроскопических организмов? Не окажется ли плодородие почвы, приписываемое окислению составных частей ее кислородом воздуха, следствием неведомой для нас, но чрезвычайно интенсивной жизни микроскопических существ, вводимых в почву с удобрением?

Изучение процессов брожения и гниения затрудняется не только их необыкновенным разнообразием, но и следующими обстоятельствами: Во-первых, тем, что один и тот же субстрат разлагается различно, смотря по организму, который в нем разрастается; выше было приведено несколько примеров подобных разложений. Во-вторых, тем, что один и тот же микроскопический организм может производить различные брожения (и гниения), смотря по субстрату, на котором развивается. Особенное затруднение возникает из последнего обстоятельства при исследовании брожений, вызываемых бактериями. Между тем как бродильные грибки и плесни сравнительно легко отличимы под микроскопом и ошибочное определение исследуемой формы возможно только при поверхностном исследовании, бактерии по необыкновенно малым размерам и отсутствию характерных признаков часто неотличимы по форме, хотя и различны, судя по разнице производимых ими брожений. Уже выше было указано на различие во мнениях самых авторитетных ученых относительно степени постоянства форм бактерий и возможности взаимного их превращения. В-третьих, наконец, обнаружились необъяснимые различия в питании грибов соединениями, чрезвычайно сходными по составу. Наиболее известные случаи следующие: *Пастером*[408] было замечено, что куриный белок не может служить источником азота для бродильного грибка и остается в присутствии последнего без перемены, между тем как ближайшие к нему соединения — серум крови, вытяжки из мускулов, отвар дрожжей — оказались наиболее пригодными источниками азота и усваивались грибком весьма легко. Такое различное отношение обнаружил бродильный грибок и к углеводам; легко разлагая тростниковый сахар и глюкозу, он оставляет нетронутыми кверцит, эвкалин[33*], сорбин[33*], инозит и трудно разлагает микозу. Сюда же относится наблюдение, сделанное *Пастером*[409] при выращивании бродильного грибка и Penicillium glaucum в искусственной смеси из винограднокислого аммиака и фосфорнокислого калия. Виноградная кислота распадалась при этом на правую и левую винные кислоты, из которых правая винная кислота исчезала быстрее левой; левая оставалась нетронутой до совершенного разложения правой. После исчезновения последней обнаружилось разложение грибками и левой винной кислоты. По отношению к Saccharomyces Cerevisiae показания *Пастера* были подтверждены *Дюбренфо*. Наконец, подобное же различное отношение грибка к составным частям окружающей жидкости открыл *Пастер*[410] для Mycoderma aceti; в смеси спирта, уксусной кислоты и минеральных солей в начале культуры происходило исключительное окисление спирта в уксусную кислоту; уксусная же кислота оставалась нетронутою; только после окончательного исчезновения алкоголя обнаруживалось окисление уксусной кислоты и распадение ее на углекислоту и воду.

---

[408] *Pasteur*. Ann. Chim. Phys. S. 3. t, 58, 385 (1860).
[409] *Pasteur*. C. R. 51, 268 (1860).
[410] *Pasteur*. Etudes s. l. vinaigre, p. 94.

Теория брожений (и гниения)

Из приведенного краткого обзора наиболее известных брожений и гниений уже видно, насколько разнообразны относящиеся сюда процессы. Для более удобного обозрения можно сгруппировать их в три категории: 1) процессы гидратации; 2) окисления и 3) процессы распадения соединений на частицы более прочного строения и с меньшим запасом энергии. Примерами брожений первой категории могут служить изменения тростникового сахара в превращенный и аммиачное брожение мочевины; примером второй категории — брожения уксусное, молочное; третьей — распадение глюкозы на спирт и углекислоту.

В настоящее время никто не соемневается в том, что все эти разложения несомненно обусловливаются присутствием вышеописанных микроскопических существ, так как при устранении последних животные и растительные субстраты остаются без изменения неопределенно долгое время. Все, кроме того, более или менее согласны касательно значения брожения для жизни организмов, которые их производят. В главе II уже было указано, что в отсутствие кислорода нормальное дыхание заменяется интрамолекулярным. Общее обоим родам дыхания свойство заключается в выделении тепловой энергии; разница между ними в этом отношении оказалась только количественною. Количество тепла, освобождаемого при интрамолекулярном дыхании, гораздо меньше. *Дюбренфо*[411] наблюдал довольно значительное повышение температуры в больших чанах с бродящею жидкостью; при температуре воздуха в 12—16° С жидкость в чанах в первые четыре дня для брожения нагревалась до 24—34° С. По определению *Бертело*[412], количество тепла, освобождаемого сахаром при спиртовом брожении, составляет $^1/_{15}$ тепла от сгорания сахара в углекислоту и воду. На выделение тепла при спиртовом брожении без доступа воздуха указывает *Эриксон*[413]. Но в последнем случае, как и в присутствии кислорода, импульсом для жизненных отправлений организма служит выделяемая тепловая энергия. На счет ее происходит, по всему вероятию, в отсутствие кислорода разрастание молодых дрожжей и бактерий масляного брожения и некоторых других бактерий, развивающихся в среде, лишенной кислорода.

Пастер[414] уже показал, что бродильный грибок не развивается в отсутствие кислорода, если способный к спиртовому брожению тростниковый или виноградный сахар будет заменен молочным, хотя последний потребляется грибком в пищу в присутствии кислорода. *Негели* подтвердил зависимость развития бродильного грибка в отсутствие кислорода от сахара. Только в смесях с сахаром развивался грибок при устранении доступа воздуха. *Фиц* наблюдал то же относительно Mucor racemosus.

---

[411] *Dubrunfault.* C. R. 42, 945 (1856).

[412] *Bertelot.* См.: *Meyer.* Gährungschemie, p. 140.

[413] *Eriksson.* Unters. a. d. bot. Inst. zu Tübingen. B. 1, 103. (Jahresb. Agric. Chem. 1881, 173).

[414] *Pasteur.* Etudes s. l. bière, p. 257.
Fitz. Ber. d. d. chem. Ges. 9, 1352 (1876).

Описанные брожения жидкостей являются как бы необходимыми условиями для разрастания и жизни некоторых простейших организмов в отсутствие кислорода.

Взгляды ученых расходятся только по отношению способов, которыми организмы вызывают брожение; по мнению одних, причиняемые организмами брожения существенно различны от брожений, происходящих при участии аморфных ферментов; по мнению других, оба рода брожений аналогичны и различаются лишь тем, что в одном случае брожение производится аморфными ферментами, готовыми и предварительно уединенными от организма, в другом — аморфными же ферментами, выделяемыми организмами во время самого брожения; согласно этому воззрению, организмы играют лишь роль аппаратов, приготавливающих аморфные ферменты.

Выше высказано было мною предпочтение взглядам *Траубе*, *Гоппе-Зейлера* и *Бертело* перед всеми остальными. Здесь я постараюсь вкратце подкрепить свое воззрение частью опытными данными, частью же соображениями, основанными главным образом на исследованиях спиртового брожения, изученного несравненно лучше остальных.

Из сравнения наиболее надежных культур бродильного грибка уже выяснилось неоспоримым образом, что разрастание его происходит несоответственно обнаруживаемому спиртовому брожению и количеству разложенного сахара: чем больше доступ кислорода к жидкости, тем быстрее развивается грибок, между тем как разложение сахара на спирт, углекислоту и другие продукты брожения возрастает далеко не пропорционально массе грибка. Пастер показал, что можно получить спиртовое брожение без разрастания грибка. Старые дрожжи, перенесенные в жидкость, способную к брожению, в отсутствие кислорода обнаруживали одно спиртовое брожение без разрастания. *Кошену*[415] удалось, наоборот, вызывать разрастание бродильного грибка без спиртового брожения. Он заставлял его жить по произволу, подобно плесни или ферменту. На азотистом субстрате, не заключавшем сахара, бродильный грибок разрастался при свободном доступе кислорода, как плесень; по перенесении в сахаристую жидкость в отсутствие воздуха принимал на себя роль фермента. Последовательной культурой в продолжение многих генераций в одних и тех же условиях поддерживался в опытах *Кошена* определенный характер питания, который с переменой условий немедленно изменялся.

Мне кажется поэтому, что спиртовое брожение не имеет непосредственной связи с питанием бродильного грибка, хотя и неразрывно связано с его присутствием в бродящей жидкости. Нормальное питание и развитие бродильного грибка возможно без спиртового брожения, которое представляется процессом лишь побочным, так сказать случайным. С другой стороны, мне кажется весьма вероятным, что спиртовое брожение производится не самим грибком непосредственно, а аморфным ферментом, который выделяется грибком. В этом отношении я присоединяюсь вполне к вышеизложенному мнению *Траубе*, *Гоппе-Зейлера* и *Бертело*[416].

---

[415] *Cochin.* Ann. Chim. Phys. S. 5, t. 20, 95 (1880).
[416] *Berthelot.* C. R. 50, 383 (1860) и 83, 8 (1876).

Я полагаю возможным провести этот взгляд по отношению к спиртовому брожению, оставляя пока в стороне все остальные ввиду недостаточного знакомства с ними. Мне кажется весьма вероятным предположение образования спиртового аморфного фермента бродильным грибком, притом не только в отсутствие кислорода, но постоянно и при нормальном питании. Накопление его в грибке и в бродящей жидкости в отсутствие кислорода может быть объяснено подобным же образом, как накопление аспарагина в растениях, оставленных в темноте, или спирта в растениях, помещенных в среду, лишенную кислорода.

Во всех приведенных случаях накопление каждого из этих соединений, встречаемых при нормальных условиях культуры только в малых количествах, вызывается не усиленным образованием, а отсутствием потребления и дальнейших метаморфоз.

Неудачные попытки выделения из бродильного грибка предполагаемого аморфного спиртового фермента не могут служить опровержением высказанного положения, и я склонен его поддерживать, несмотря на несогласие с фактами, на которых основывают в настоящее время предположение о непосредственном участии простейших организмов в брожениях и гниении. Факты, сюда относящиеся, состоят главным образом в следующем: предварительно стерилизованные и устраненные от зародышей простейших организмов субстраты быстро изменяются, если примешать к ним несколько жидкости, находящейся в брожении или гниении, между тем как разъединение стерилизованной жидкости от бродящей коллоидальною перепонкою или даже пластинкою гипса оказалось достаточным, чтобы предохранить стерилизованную жидкость от разложения.

Результат получался одинаковый даже в том случае, если смешивали обе жидкости, продавливая разлагающуюся смесь через означенные преграды. Первые опыты над задерживанием передачи брожения коллоидальной перепонкой принадлежат *Гельмгольцу*. Жидкость, отделенная перепонкой от смеси, находящейся в спиртовом брожении, оставалась без изменения во все время опыта. Эти опыты не выясняют, однако, имеющегося в виду вопроса. Они имели бы, по моему мнению, решающее значение только в том случае, если брожение не задерживалось перепонкой. Обнаруживаемое в настоящем же случае коллоидальной перепонкой препятствие к передаче брожения может быть объяснено задерживанием перепонкой не только бродильного грибка, но и аморфного фермента, так как ничего не противуречит предположению, что искомый аморфный фермент есть тело коллоидальное, следовательно, неспособное проникать через перепонку.

Более доказательными представляются опыты над задерживанием брожения и гниения пористыми перегородками из гипса или глины; здесь вышеозначенное возражение неприменимо. По отношению к бродильному грибку имеются опыты *Кошена*[417], по отношению к бактериям — опыты *Хомякова*. *Кошен* оставлял дрожжи на некоторое время с водою и водную вытяжку, профильтрованную через гипсовую пластинку, при-

---

[417] *Cochin*. C. R. 89, 780 (1879).

мешивал к жидкости, предварительно стерилизованной; фильтрат, лишенный бродильного грибка, не вызывал и следа брожения. *Бертело*[418] находит опыты *Кошена* недоказательными на том основании, что выделение аморфных ферментов живыми клетками происходит только при раздражении их питательными веществами; в условиях опытов *Кошена*, т. е. в отсутствие сахара, по мнению *Бертело*, нельзя было ожидать выделения искомого фермента. Мне кажется возможным объяснение неудачи опыта *Кошена* еще другой причиною, именно извлечением фермента в присутствии кислорода; весьма возможно, что искомый фермент быстро изменяется на воздухе.

Опыты *Хомякова*[419] показали, что при фильтровании гниющей жидкости через цилиндр из немуравленной глины она лишается способности передавать гниение жидкости стерилизованной. Предметом исследования он избрал причиняемое бактериями гниение мочи и белка. Предназначенная к заражению жидкость помещалась в стерилизованные стеклянные стаканы с плотно прижатой посредством каучука металлическою крышкою. В крышке имелись три отверстия: одно большое и два малых; в каждое из малых отверстий было вставлено по сквозной стеклянной трубочке, заткнутой стерилизованной ватой. В среднее отверстие плотно входил глиняный цилиндр, заключавший гниющую жидкость. До начала опыта стакан с жидкостью, предназначаемой к заражению, нагревался в продолжение 16—20 часов до 160—180° С. Затем в глиняный цилиндр вводилась гниющая жидкость и продавливалась через его дно под давлением 0,5 до 1 атм. Несмотря на смешение ее со стерилизованною жидкостью, последняя тем не менее оставалась совершенно неизменною. В одном из опытов моча в продолжение 11 дней не обнаружила никакой перемены; количество мочевины в ней осталось прежнее, между тем как при непосредственном смешивании с гнилою мочою вся мочевина оказалась через 8 дней разложенною.

Опыты эти, по-видимому, не допускают возражения; тем не менее и они не решают еще поставленного выше вопроса. Против них говорят некоторые фактические данные, добытые в последнее время касательно аммиачного брожения мочи и изложенные выше. На основании их сам *Пастер* был вынужден признать за непосредственную причину аммиачного брожения не самый микроскопический организм, открытый им в моче, а выделяемый последним аморфный фермент[420]. Существование аморфного фермента в гниющей моче не может, следовательно, подлежать сомнению, и отрицательный результат *Хомякова* может быть только объяснен тем, что фермент этот был задержан в гниющей жидкости и не прошел сквозь глиняную перегородку. Произведенное *Донатом*[421] извлечение из дрожжей аморфного фермента (инвертина)[34*], который

---

[418] *Bertelot*. C. R. 89, 806 (1879).

[419] *Хомяков*. Труды Казанского общества естествоиспытателей. Т. 6; 1876.

[420] Об этом предмете см.: *Musculus*. C. R. 82, 333 (1876) и *Pasteur* et *Joubert*. C. R. 83, 5 (1876).

[421] *Donath*. Ber. d. d. Chem. Ges. 8, 795 (1875).

переводит тростниковый сахар в превращенный, также подает надежду на изолирование аморфного фермента *спиртового брожения.*

Примечание. Для получения инвертина *Донат* обрабатывал дрожжи абсолютным спиртом, высушивал при низкой температуре и выщелачивал их при обыкновенной температуре водою. Водная вытяжка несколько раз подвергалась фильтрованию, пока не очистилась вполне от клеток бродильного грибка; затем взбалтывалась с эфиром. После многократной промывки водою раствор ее по каплям был перенесен в абсолютный спирт; инвертин получился в виде плотного белого осадка на дне сосуда.

Весьма возможно, что нечто подобное удастся со временем показать и относительно фермента *спиртового брожения.*

Этому взгляду не противуречат различия, указанные *Мюнцом, Бертом* и *Негели,* между брожениями, причиняемыми аморфными ферментами, и брожениями, обусловленными живыми растительными клетками. По опытам *Мюнца*[422], брожения эти различно относятся к анестезирующим веществам: хлороформу, эфиру и т. п. Убивая организмы, хлороформ, эфир и пр. останавливают обусловленное ими брожение, но не оказывают вовсе влияния на разложение, производимое аморфным ферментом. Подобное же различие нашел *Берт*[423] между этими брожениями при увеличении парциального давления кислорода: живые клетки, вызывавшие брожение, отмирали и с их жизнью прекращалось брожение; разложение же аморфными ферментами, не останавливаясь, шло до конца. *Берту* удавалось даже сохранять этим способом без изменения неопределенно долгое время куски мяса, вскрытое яйцо, различные сочные плоды и мочу.

Негели[424] различает разложения, производимые аморфными ферментами,— *ферментацию* (Fermentwirkung) от *брожения* (Gährwirkung), причиняемого живыми организмами, и проводит между ними следующие различия: причина, вызывающая брожение, нераздельно связана с живою клеткою или, вернее, с ее плазмою; оно происходит, по мнению *Негели,* только при непосредственном прикосновении бродящей жидкости с плазмою или на расстоянии молекулярного действия плазмы; при этом разрушаются тела, пригодные для питания, и образуются соединения менее питательные. При брожении, в смысле *Негели,* проявляется целый ряд различных реакций и продуктов распадений, и до сих пор не удавалось заменить организованного фермента каким-нибудь определенным соединением; брожения, наконец, представляют процессы экзотермические, т. е. сопровождаемые выделением тепловой энергии.

Ферментации *Негели* характеризует тем, что они обусловливаются аморфными ферментами, которые легко выделить из живого организма и уединить. Ферменты (аморфные), разлагая субстрат, превращают вещества, менее пригодные к питанию, в более пригодные; например, переводят тростниковый сахар в глюкозу, альбумин в пептоны; при фермен-

---

[422] *Müntz.* C. R. 80, 1250 (1875).
[423] *Bert.* C. R. 80, 1579 (1875).
[424] *Nägeli.* Theorie d. Gährung, p. 12.

тации получается разложение простое, совершенно определенное; разложения сходные удается получить посредством различных реактивов. Ферментация представляет процесс эндотермический, т. е. сопровождаемый поглощением энергии извне [35*].

Строгое разграничение, проводимое *Негели* между между ферментацией и брожением, не может еще служить непреложным доказательством его воззрения. Признавая все перечисленные отличительные признаки верными даже в том широком смысле, которое придает *Негели*, можно придерживаться в то же время, не насилуя фактов, проводимого здесь мною взгляда. Разнообразие реакций в присутствии организмов сравнительно с простым ходом разложения от аморфных ферментов объясняется совершенно естественно, если предположить, что организмы выделяют в бродящую жидкость не один, а несколько ферментов. Невозможность воспроизводить в настоящее время брожения (в смысле *Негели*) без участия организмов не представляет также еще надежного критерия для различия ферментаций от брожения. Вышеприведенное открытие аморфного фермента в гниющей моче может служить отличным предостережением против безусловного принятия этого взгляда. Наконец, последний отличительный признак — различие реакций по отношению к поглощению и выделению энергии нельзя считать вполне доказанным, так как фактическое основание этого положения еще весьма шаткое.

Указанные *Мюнцем*, *Бертом* и *Негели* различия могут служить прекрасными руководящими признаками при определении в каждом частном случае характера брожения; с точки зрения проводимого мною взгляда они указывают только, производится ли брожение ферментом, готовым и уединенным от организма, или же ферментом, изготовляемым во время брожения живыми клетками среди бродящей жидкости.

Примечание. Гоппе-Зейлер [425] также рассматривает организмы, производящие брожение, за аппараты, в которых готовятся аморфные ферменты, и классифицирует все роды брожений (и гниения) следующим образом: он делит их на две категории; к первой относит брожения, переводящие ангидриды в гидраты; ко второй — брожения, сопровождаемые перемещением кислорода от атомов водорода к углероду. Брожения первой категории подразделяются опять на две группы:

а) *ферменты, производящие разложения, сходные с теми, которые вызываются кислотами* при температуре кипения, например разложение крахмала на декстрин и виноградный сахар, разложение тростникового сахара на виноградный и плодовый, распадение глюкозидов бензольных (салицина, амигдалина и др.) на сахар и производные бензола, разложение органических соединений, заключающих серу (мироновокислый калий) [36*], на сахар, серную кислоту и горчичные масла;

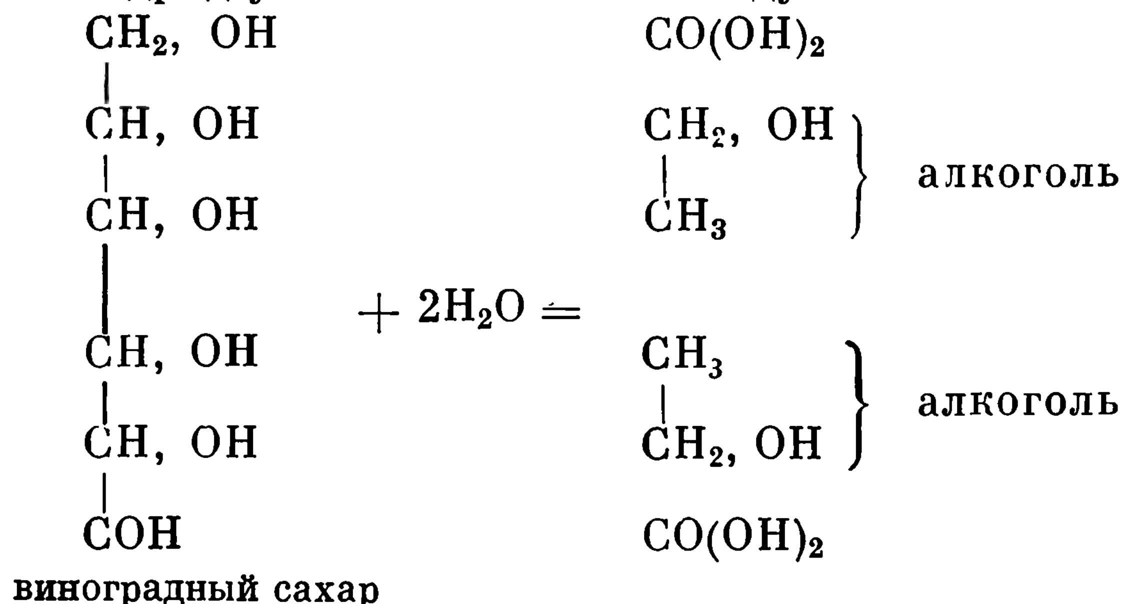
б) *ферменты, действующие подобно щелочи при нагревании.* Сюда относятся: 1) разложения эфиров, жиров и других сходных тел на алкоголь и кислоту, 2) разложение амидных соединений мочевины, гиппуровой кислоты с присоединением воды.

К брожениям второй категории Гоппе-Зейлер причисляет: 1) молочное брожение, соединенное с образованием карбоксиловой группы и одновременным раскислением другой (конечной) группы в метил; 2) спиртовое брожение, сопровождаемое расщеплением частицы сахара на две и перемещением кислорода из гидроксиловой группы в C=O, причем присоединяется еще часть кислорода и образуется $C=O(OH)_2$,

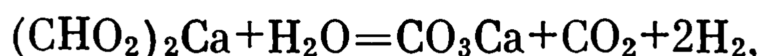
---

[425] *Hoppe-Seyler.* Physiol. Chemie, I, 116 (1877).

распадающееся на ангидрид угольной кислоты и воду:

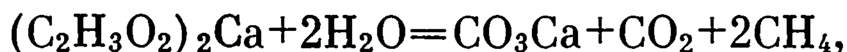


3) процессы гниения, например разложение муравейнокислого кальция на углекислый кальций, углекислоту и водород:



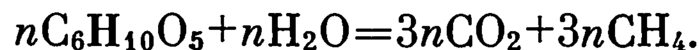
$$(CHO_2)_2Ca+H_2O=CO_3Ca+CO_2+2H_2,$$

уксуснокислого кальция:



$$(C_2H_3O_2)_2Ca+2H_2O=CO_3Ca+CO_2+2CH_4,$$

клетчатки:



$$nC_6H_{10}O_5+nH_2O=3nCO_2+3nCH_4.$$

Дальнейшее развитие взгляда *Гоппе-Зейлера* на реакцию брожений (и гниения) проводит *Мейер*[426]. Он отличает: 1) брожения, сопровождаемые распадением разлагаемых тел на более простые, и 2) брожения, соединенные с окислением, и рассматривает первые из них как процессы превращения группы H–O в C–O, с одновременным различным взаимнодействием групп C–H, C–C и H–H. Брожения окисления вызывают также образование новых групп C–O с тою, однако, разницею, что потребный для образования C–O кислород заимствуется извне, а не из частицы разлагаемого тела. При этом, следовательно, происходит переход группы O–O в C–O и в H–O при одновременном разрушении C–C и C–H.

Главное отличие брожений окисления от первой группы заключается, по *Мейеру*, в том, что брожению через окисление подвергаются тела, бедные содержанием кислорода, дальнейшим следствием чего является возможность брожения с неполным окислением, т. е. без выделения углекислоты. Эти соображения тем интереснее, что сохраняют свою силу независимо от теоретического объяснения брожений.

Обмен газов, сопровождающий питание грибов и брожение

Совершенно неразработанную сторону жизни грибов представляет вопрос об обмене газов с окружающею средою. Для остальных растений признают нормальным только обмен с атмосферой кислородом и углекислотой; всякое другое выделение или поглощение газов растением считают если не признаком полной остановки нормальной жизни, то, во всяком случае, значительного ее нарушения.

По отношению к грибам показания касательно обмена газов с окружающею средою настолько различны и в некоторых случаях противоречивы, что не дают почти определенных выводов. Невозможность с точностью различать в настоящее время, принадлежит ли газ, выделенный при брожении или гниении, грибу или же разлагаемому субстрату, также затемняет результат опыта. Имеющиеся фактические данные сводятся к следующим: к числу нормальных отправлений большинства грибов не-

[426] *Meyer*. Lehrbuch d. Gährungschemie, p. 202 и 209 (1879).

сомненно относится поглощение из атмосферы кислорода, сопровождаемое выделением соответствующего объема углекислоты; по отношению к кислороду грибы являются, таким образом, сходными с остальными растительными организмами, но и это положение не может быть принято без некоторого ограничения. Выше были приведены примеры грибов, из которых некоторые, по-видимому, вовсе не нуждаются в кислороде (бактерия масляного брожения), другие, например бродильный грибок, могут не только обходиться без кислорода долгое время, но даже и разрастаться, хотя и в меньшей степени, чем в присутствии этого газа.

Отношение грибов к азоту воздуха еще более своеобразно. Для хлорофиллоносных растений считают доказанным, что они относятся к газообразному азоту совершенно безразлично, не усваивают его и не выделяют. Роль азота в питании грибов еще совершенно не установлена. Некоторые исследователи, например *Жоден*, *Фогель* и *Бертело*, принимают, что грибы могут усваивать газообразный азот, с другой стороны, *Бусенго*, а также *Вольф* и *Цимерман* придерживаются воззрения диаметрально противоположного. *Фогель*[427] заключил о поглощении газообразного азота простейшими грибами из наблюдения над развитием в растворе углеводов (декстрина и сахара) мицелия, в котором оказалось 5—6,6% азота. Значительное содержание азота *Фогель* приписывал поглощению азота из воздуха, так как специальное расследование декстрина и сахара, в растворе которых развился мицелий, не обнаружило вовсе азота. Одновременно появилась заметка *Жодена*[428] о развитии грибного мицелия, богатого азотом (от 4—6%) в смеси раствора сахара, виннокаменной кислоты, глицерина и минеральных солей, не содержавших вовсе азота. Мицелий появлялся даже в запаянных сосудах, в искусственной атмосфере из кислорода и азота. *Жодену* удавалось наблюдать исчезание до 6—7% всего азота воздуха, заключенного в сосуде. *Бертело*[429] подтверждает усвоение газообразного азота грибами (Penicillium) целым рядом опытов. Он показал сперва, что некоторые органические соединения (например, бензин, декстрин) поглощают газообразный азот из воздуха в весьма значительном количестве, если только окружающий воздух будет наэлектризован, хотя бы и в весьма слабой степени. Для этой цели *Бертело* составил аппарат из двух стеклянных тонкостенных и запаянных трубок, надетых одна на другую. Во внутренней трубке или в промежутке между внутреннею и наружною помещалась свернутая в цилиндр серебряная или платиновая пластинка, плотно приложенная к стенке трубки. Пластинка эта была припаяна к платиновой проволоке, впаянной в трубке, пропущенной кнаружи. Наружная поверхность внешней трубки была покрыта листовым оловом, которое сообщалось с почвою. Внутренней пластинке и, следовательно, заключенному в ней газу сообщалось атмосферное электричество через проволоку, которая свободным концом была погружена в аппарат Томсона, т. е. в большой плоский сверху открытый

---

427 *Vogel.* Sitzungsb. Bayer. Ak. 1862, B. 2, 39.
428 *Jodin.* C. R. 55, 612 (1862).
429 *Bertelot.* C. R. 82, 1283 и 1357 (1876), 83, 677 (1876).

сосуд с водою, поставленный на высоте 2 м над поверхностью земли. Отворяя кран, приделанный сборку близ дна сосуда, можно заставить вытекать из сосуда воду. Вытекающая струя воды увлекала электричество, противуположное атмосферному; в остающейся воде оказывалось свободное электричество слоя воздуха, в котором помещался аппарат Томсона; электричество это передавалось через проволоку и внутреннюю арматуру газам, заключенным во внутренней трубке. Пространство между трубками наполнялось до запаивания трубок воздухом или азотом; здесь помещалась полоска бумаги, смоченная несколькими каплями густого декстрина; затем наружная трубка тоже запаивалась. Электрическое напряжение между арматурами равнялось разности электричества почвы и слоя воздуха на двух метрах высоты над почвою. Во всех трубках с воздухом или азотом, как запаянных, так и оставленных открытыми, оказалось значительное поглощение азота органическими веществами; в каждой трубочке было поглощено по нескольку миллиграммов азота. Особенно много поглотила азота трубочка, в которой случайно развилась на бумаге плесень (Penicillium?). Поглощение азота было доказано нагреванием органической массы с натристою известью[37*] до 300—400° С, причем поглощенный азот выделялся в виде аммиака. По мнению *Бертело*, азот образовал с исследованными органическими телами амидообразные соединения. Ни азотной, ни азотистой кислот не образовалось вовсе в этих условиях. На основании своих опытов *Бертело* предполагает усвоение газообразного азота из атмосферы не только грибами, но и другими растениями.

Столь же неопределенны данные касательно выделения грибами азота в виде аммиака или аминов. *Борщов*[430] относит к нормальным отправлениям грибов выделение азота в виде аммиака; он заключил о выделении аммиака из того, что вблизи грибов, по виду совершенно свежих, получались белые пары от палочки, смоченной хлористоводородной кислотой. Проверяя показания *Борщова, Вольф* и *Цимерман*[431] пришли к совершенно иному выводу, т. е. к полнейшему отрицанию выделения аммиака вполне здоровыми грибами. Они наблюдали также появление выделений щелочной реакции, но только на отмирающих шапочных грибах, причем выделяемое соединение оказалось не аммиаком, а триметиламином. Выделение триметиламина обнаружили и рожки (Secale cornutum), оставленные в сыром песке; 25 г рожков выделили в промежуток времени между 16 и 27 октября 0,0312 г триметиламина.

Наконец, *Лезеке*[432] наблюдал выделение синеродистоводородной кислоты грибом Agarucus Oreadus Bolten, после того как он пролежал несколько часов на воздухе.

О поглощении водорода бактериями упоминает *Бем*[433]; он открыл

---

[430] *Borscow.* Bullet. de l'Ac. d. St. Pétersb. 14, 1 (1856).
[431] *Wolf u. Zimmermann.* Oekon. Fortschritte, 1871, 235. (Jahresb. Agr. Chem. 13, II, 169).
[432] *Löseke.* Chem. Centralb. 1871, 590.
[433] *Boehm.* Ueb. eine mit Wasserstoffabsorption verbundene Gährung. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 71 (1 Abth.); 13, Mai 1875.

поглощение водорода отмершими водными растениями (Cladophora fracta, Oedogonium tumidulum, Vaucheria, Spirogyra quinina, Ranunculus aquatilis) в отсутствие кислорода и приписал это особенного рода брожению. В подтверждение своего взгляда он приводит, что предварительным нагреванием растений до 60—80° С в аппаратах, замкнутых ртутью, удавалось прекращать поглощение водорода. Хотя *Бем* и не указывает в этом случае на бактерии как на непосредственную причину брожения, но в этом едва ли можно сомневаться.

Выделение водорода бактерией масляного брожения давно уже обратило на себя внимание и считалось прежде одним из характерных признаков этого брожения.

Бем[434] нашел, что при гниении сухопутных растений выделяются почти исключительно водород и углекислота, между тем как при разложении под водою водных растений происходит рядом с вышеописанным брожением еще другое, сопровождаемое выделением смеси углекислоты и болотного газа. Приписывая каждое из этих брожений особенной форме бактерий, *Бем* предполагает при разложении водных растений между этими двумя организмами борьбу за существование, сообразно с ходом которой получается большее или меньшее преобладание одного из брожений.

Выделение водорода в газообразном состоянии высшими грибами исследовано *Мюнцом*[435]. Он нашел, что высшие грибы, оставленные на воздухе, поглощали кислород, выделяя соответствующий объем углекислоты: в атмосфере же, лишенной этого газа, выделялась смесь газов различная, в зависимости от углевода, заключенного в грибе. Уже раньше *Мюнц* показал, что некоторые грибы содержат только маннит, другие трехалозу одну или в смеси с маннитом, третьи — сахаристое вещество, близкое к глюкозе. Только первые (например, Agaricus campestris) выделяли, кроме углекислоты, водород; при этом маннит переходил в грибе в глюкозу, при дальнейшем разложении которой накоплялось в грибе значительное количество спирта; выделение водорода оказалось, следовательно, обусловленным присутствием в грибе маннита.

Примечание. Интересно было бы посмотреть, не выделяют ли водород при интрамолекулярном дыхании[38*] в отсутствие кислорода богатые маннитом цветковые растения, например Fraxinus Ornus, Tilia Europaea, Larix Europaea, Olea Europaea и др. *Де Лука*[436] нашел, что листья, цветы и плоды различных растений, оставленные в атмосфере водорода или азота, выделяют из себя, кроме углекислоты, водород; он объясняет это присутствием в них маннита. Между исследованными растениями находились Olea Europaea и Ligustrum, содержащие, как известно, маннит. Из опытов *Де Лука*, однако, не выяснилось, было ли обусловлено разложение маннита интрамолекулярным дыханием взятых для опыта растений или же вызвано простейшими организмами, попавшими случайно в аппарат вместе с цветковыми растениями.

Итог результатов, полученных относительно синтеза органических соединений в растениях, сводится к следующим положениям.

---

[434] *Boehm.* Sitzungsb. d. Wien. Ak. 71 (1 Abth.), 25, April 1875, p. 23.
[435] *Müntz.* C. R. 76, 643 (1873), 79, 1182 (1874) и 80, 178 (1875).
[436] *De Luca.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 6, 291 (1868).

1. Способность образовать сложные органические соединения из минеральных и более простых органических свойственна всем растениям без исключения.

2. Между процессами синтеза органических соединений отличают две категории: к первой относят образование органических соединений, сопровождаемое поглощением энергии (света и тепла) и выделением кислорода в газообразном состоянии; ко второй — образование органических соединений способами, сходными с практикуемыми в лабораториях, т. е. через соединение остатков с выделением воды или при посредстве отщепления углекислоты; эти процессы происходят без поглощения световой энергии, идут одинаково быстро на свету и в темноте; насколько поглощается или выделяется при этом тепловая энергия, совершенно неизвестно.

О постепенном ходе реакций синтеза органических соединений в настоящее время ничего положительного мы не знаем и должны довольствоваться только одними предположениями без определенной фактической подкладки.

3. По отношению к синтезу органических соединений растения представляют две различные группы: к первой принадлежат хлорофиллоносные растения, в которых происходят процессы синтеза обеих категорий; поэтому они нуждаются в свете и погибают в его отсутствие; они могут довольствоваться пищею, составленною исключительно из минеральных соединений, и вырабатывают из них сами все органические соединения. Ко второй группе относятся растения, лишенные зеленой окраски; в последних имеют место лишь процессы синтеза второй категории; не нуждаясь в световой энергии, растения, лишенные хлорофилла, развиваются одинаково хорошо на свету и в темноте. Не имея способности вырабатывать углеродистые соединения из углекислоты и воды, они требуют для своего развития, кроме минеральных солей, присутствия хотя бы одного из простых углеродистых соединений (в большинстве случаев — углевода).

4. Для синтеза органических веществ необходимо предоставить хлорофиллоносным растениям смесь из соединений следующих элементов: углерода, кислорода, водорода, азота, серы, фосфора, хлора (?), калия, кальция, магния и железа. Из этих элементов один только кислород принимается растениями в свободном состоянии; все же остальные в виде соединений — воды, углекислоты, фосфорнокислых и сернокислых (и хлористых?) солей щелочей, щелочных земель и железа.

5. Главное участие в принятии и переработке сырой пищи принимают корни и листья. При посредстве корней вводятся в растения вода и все минеральные соли. Весь же находимый в растениях углерод усваивается из углекислоты атмосферы, проникая в растения через листья. В листьях или, точнее, в зеленой их ткани, происходят первые продукты синтеза органических соединений из углекислоты и воды, в числе которых постоянно оказываются углеводы — крахмал или глюкоза.

6. Усвоение углекислоты из атмосферы сопровождается выделением

объема кислорода, равного объему поглощенной углекислоты; азот атмосферы не принимает участия в этом обмене газов. Разложение углекислоты обусловливается в высокой степени парциальным давлением углекислоты. Оно обнаруживается в момент освещения растения и прекращается немедленно в отсутствие света, возрастает по мере увеличения напряженности света, но при известной напряженности света достигает максимума (по крайней мере у некоторых растений). При дальнейшем усилении света разложение углекислоты не только не увеличивается, но даже иногда уменьшается. Лучи света содействуют разложению углекислоты различным образом: лучи менее преломляемой половины спектра преимущественно, если не исключительно, обусловливают разложение углекислоты; лучи половины спектра более преломляемой способствуют этому процессу иным способом: они вызывают изгибы в листьях и переводят их в положение, наиболее приспособленное к восприятию действия лучей света, разлагающих углекислоту.

7. Под непосредственным влиянием света, кроме углеводов, образуется и хлорофилл; проростки хвойных, зеленеющие в темноте, представляют единственное исключение из этого правила. Значение хлорофилла в ассимиляции углерода нельзя считать окончательно выясненным; ему приписывают важную роль при разложении углекислоты главным образом на том основании, что только клетки, содержащие хлорофилл, оказались способными разлагать углекислоту на свету. До сих пор по крайней мере не встретилось ни одного исключения из этого правила.

8. При посредстве минеральных солей и углеводов (может быть, и более простых продуктов синтеза) в хлорофиллоносных растениях образуются все остальные более раскисленные и сложнейшие органические соединения. Относительно синтеза последних не известно ровно ничего; мы не можем указать, хотя бы с некоторою вероятностью, даже на место их образования. Мы знаем только, что между окончательными продуктами синтеза преобладают в растениях три группы соединений: белковые тела, жиры и углеводы, из которых почти исключительно построены растения.

9. О синтезе в растениях, лишенных зеленой окраски, известно, что они способны построить из минеральных солей и одного из тройных углеродистых соединений все остальные, что последние сходны с окончательными продуктами синтеза хлорофиллоносных растений и что синтез в бесцветных организмах происходит без содействия света. Выше были перечислены соединения, из которых грибы заимствуют органогены, и подробно изложены главнейшие результаты касательно питания грибов.

Глава четвертая

ОБМЕН ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ МЕЖДУ РАСТЕНИЯМИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ИХ ПО РАСТЕНИЮ

I. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ МЕЖДУ РАСТЕНИЯМИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ

Обмен веществ между голою плазмою и окружающей средой

Простейший случай принятия пищи и обмена веществ с окружающею средою представляют простейшие организмы, построенные из плазмы без оболочки; они непосредственно обволакивают тела, служащие пищей, изменяют их внутри себя, часть их употребляют на построение своего тела, а непригодные для питания остатки извергают кнаружи через разрывы плазмы.

Наглядными примерами этого простейшего способа питания плазмы без участия оболочки могут служить следующие организмы.

Monas amyli — монада, состоящая из микроскопического овального комочка слизи, снабженного двумя ресничками (рис. 73). Профессор *Ценковский*[1], открывший эту монаду, назвал ее Monas amyli, потому что она появляется в жидкости, где гниет картофель, и питается зернами крахмала; она наблюдается в изобилии в то время, когда вследствие разложения ткани картофеля высвобождаются во множестве крахмальные зерна.

Монада двигается в жидкости вперед суженным концом, на котором сидят реснички. Иногда монада временно приостанавливается в движении и принимает лучистую форму (рис. 74, *K*, *L*). Встретив на пути крахмальное зерно, Monas amyli присасывается к нему; продолжая двигаться, она увлекает за собою крахмальное зерно, несмотря на то что последнее нередко превосходит монаду по объему в несколько сот раз (рис. 73, *A*. *B*, *C*, *D*). Передвижение крахмального зерна с монадой иногда до того быстро, что с трудом удается удержать их в поле зрения микроскопа, и если монада случайно сидит на нижней стороне, то она во время передвижения остается невидимою, а крахмальное зерно кажется двигающимся произвольно. Движение монад с крахмальным зерном продолжается недолго; монада начинает расползаться по поверхности зерна и обволакивает его постепенно.

Края расплывающейся монады при встрече сливаются между собою, так что монада окружает по прошествии некоторого времени крахмаль-

[1] *Cienkowski*. Mél. biol. de l. Acad. d. St. Pétersb. 2, 359 (1858); 3, 1 (1858).

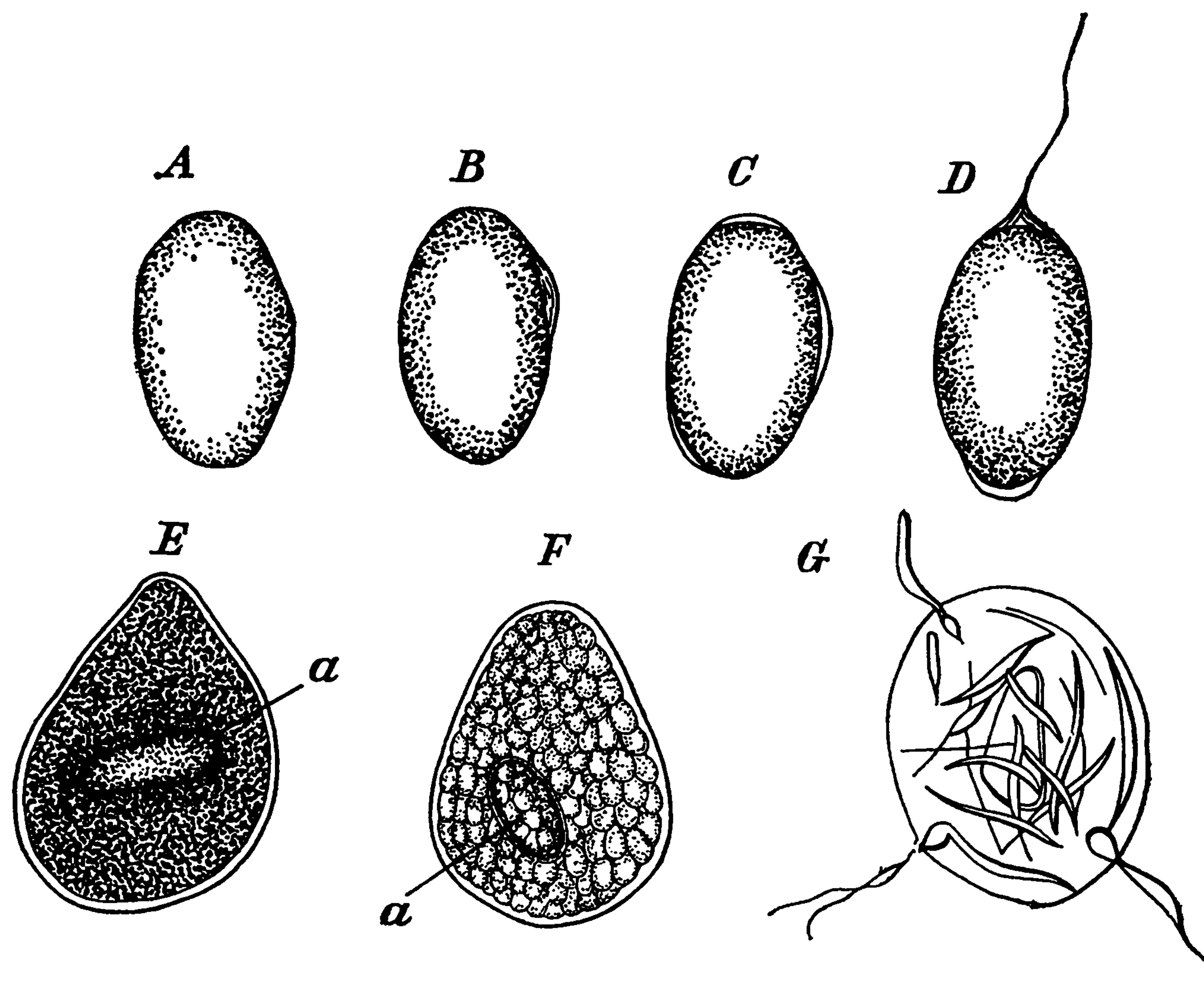


Рис. 73. *A, B, C, D* – зерно крахмала с монадой, которая его обволакивает. *E* – крахмальное зерно, отчасти измененное монадой; от зерна уцелела лишь незначительная центральная часть (*a*). *F* – дробление плазмы монады на части. *G* – выхождение новообразованных монад через отверстия оболочки монады

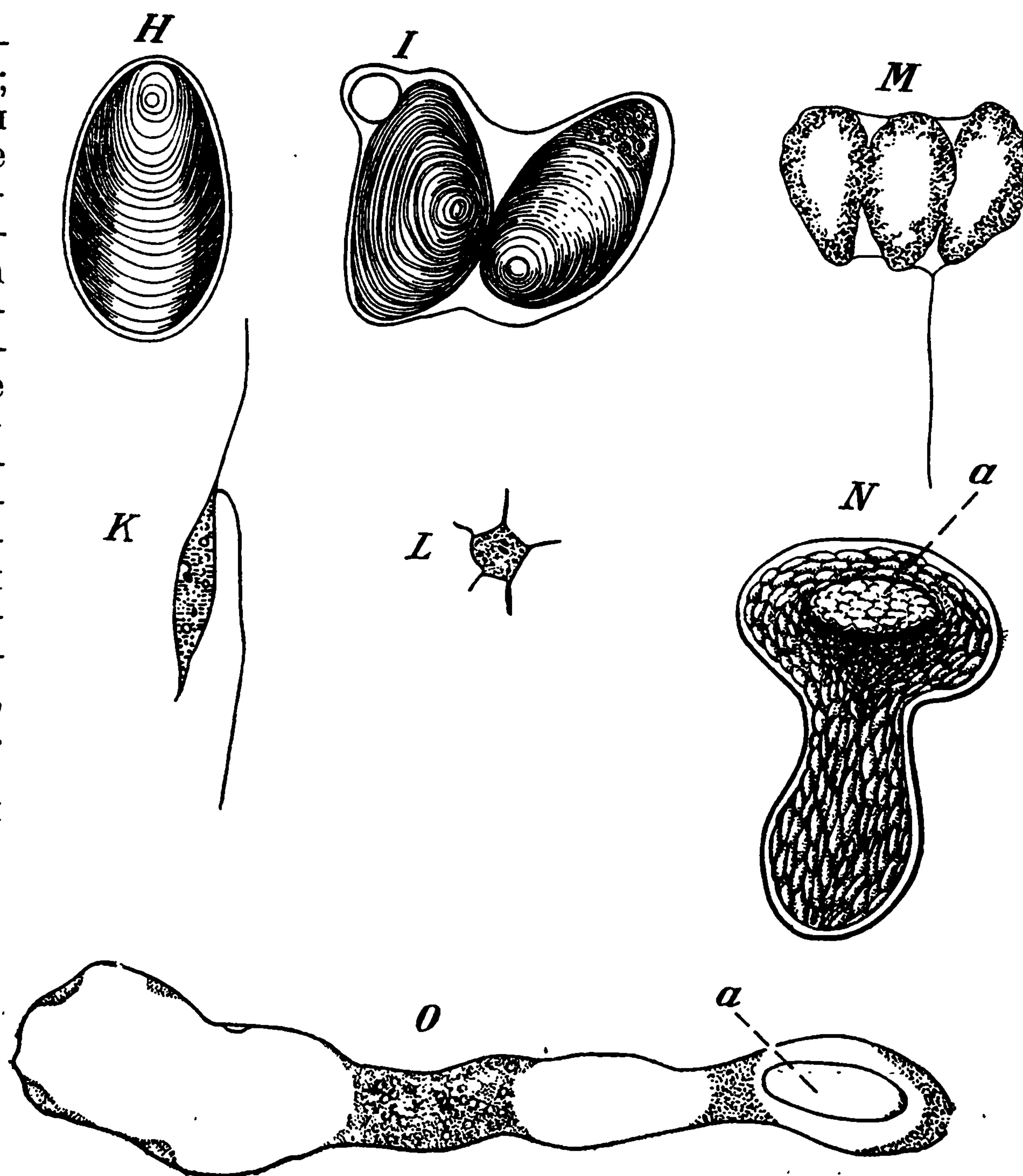


Рис. 74. *H* – крахмальное зерно с оболочкой монады; *I* – три зерна: два больших и одно маленькое, окруженные оболочкой одной монады. *K* – Monas amyli, свободно плавающая, с 2 ресницами; *L* – она же во время временной остановки движения; вместо прежних ресниц появились новые лучистые отроги плазмы. *M* – три зерна крахмала, окруженные одной двигающеюся монадой; видна одна из ресниц монады. *N* – монада с остатком (*a*) крахмального зерна; плазма ее распалась уже на множество мелких отдельностей, готовых оставить оболочку. *O* – монада с остатком (*a*) крахмального зерна, выросшая в длинную трубку

ное зерно отовсюду сплошным непрерывным слоем в виде тончайшей оболочки, трудноотличимой от крахмального зерна (рис. 74, *H*).

Под влиянием монады, окружившей крахмальное зерно, в последнем обнаруживается изменение сперва в поверхностном слое, а затем и в более внутренних частях; изменение охватывает постепенно все зерно по направлению от поверхности к центру; слоистое строение зерна исчезает; слои зерна заменяются мелкозернистою массою, которая оказывается плазмою монады. Слой новообразованной плазмы, достигнув известной толщины, распадается одновременно на всем протяжении на множество мелких участков, контуры которых постепенно обозначаются с большею и большею резкостью; вначале все они лежат совершенно неподвижно; затем начинают пошевеливаться и приходят наконец в быстрое движение (рис. 73, *F*, *G*; 74, *N*). Каждый двигающийся комочек плазмы представляет молодую монаду. К этому времени оболочка монады оказывается размягченною; в некоторых местах появляются в ней мелкие отверстия. Через эти отверстия большая часть новообразованных монад выходит в окружающую жидкость (рис. 73, *N*). Встретив на пути другое крахмальное зерно, монада присасывается к нему и пробегает вновь весь только что описанный цикл развития. Иногда одна или несколько монад, не вышедших из оболочки, присасываются и образуют сплошную оболочку вокруг уцелевшей от разрушения центральной части крахмального зерна. Тогда внутри старой оболочки оказывается вторая оболочка; этот процесс может повторяться по нескольку раз и образовать целую систему прозрачных оболочек, вложенных одна в другую.

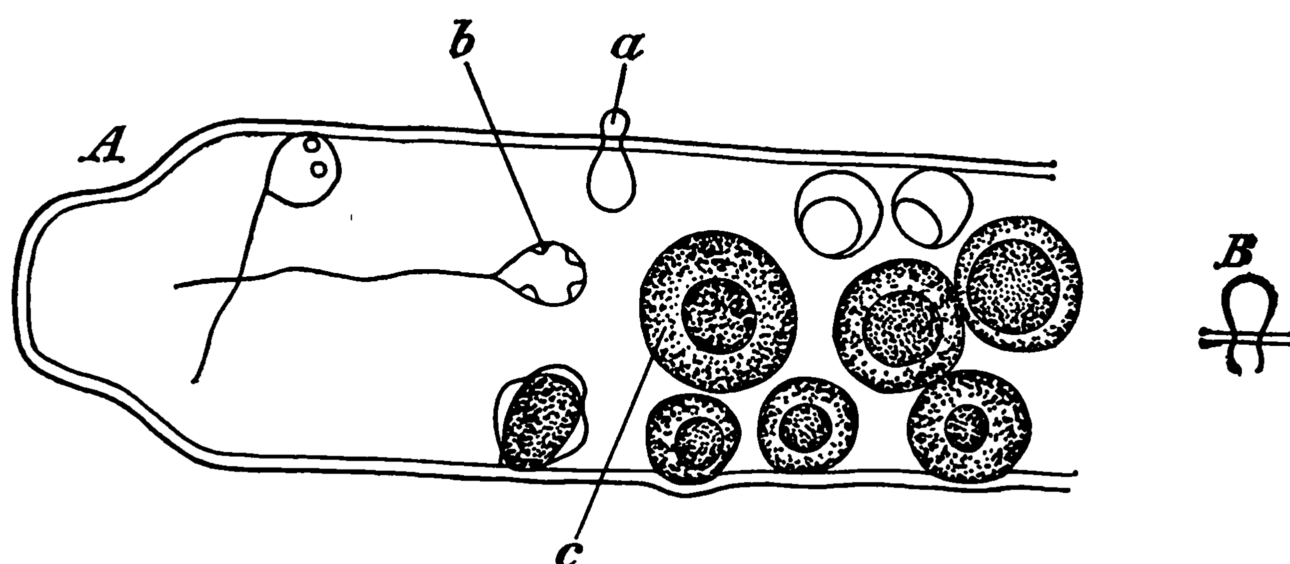
Случается также, что к крахмальному зерну присасываются одновременно две или более монады. Каждая из них расплывается по поверхности зерна; встречающиеся края их сливаются между собою, вследствие чего на крахмальном зерне образуется из них сплошная оболочка, ничем не отличающаяся от оболочки, образуемой одною монадой. В некоторых случаях монада облекает за раз два и более крахмальных зерна (рис. 74, *I*, *M*).

Все эти случаи представляют между собою сходство в том, что плазма непосредственно действует на твердую пищу, с которой находится в прикосновении, и вырабатывает из нее вещество, тождественное по составу и свойствам с плазмою монады, образовавшей оболочку на крахмальном зерне. Нередко оболочка монады вырастает в длинную трубку, превосходящую в несколько раз размеры крахмального зерна (рис. 73, *O*).

Столь же явственное непосредственное обволакивание твердой пищи представляет и другая монада — Monas parasitica, открытая также *Ценковским*[2]. Она представляет микроскопический комочек плазмы с ресничкой (рис. 75), но характеризуется тем, что живет паразитом на водоросли Spirogyra; эта монада особенно часто развивается осенью в акваториях и уничтожает водоросль. Приблизившись к Spirogyra, она присасывается к ней концом, противоположным ресничке. По прошествии

[2] *Cienkowski.* Pringsh. Jahrb. 1; 371 (1858). Также в: Mél. biol. d. l. Acad. d. St. Pétersbourg. T. 2; отдельный оттиск, p. 11 (1858).

Рис. 75. Отрезок клетки Spirogyra с Monas parasitica (*A*); *a* — монада, проникающая сквозь оболочку кретки; *b* — монада, свободно двигающаяся в содержимом клетки; *c* — зеленые шары из лент хлорофилла, окруженные монадой. *B* — кусочек оболочки Spirogyra в разрезе с проникающею сквозь нее монадой



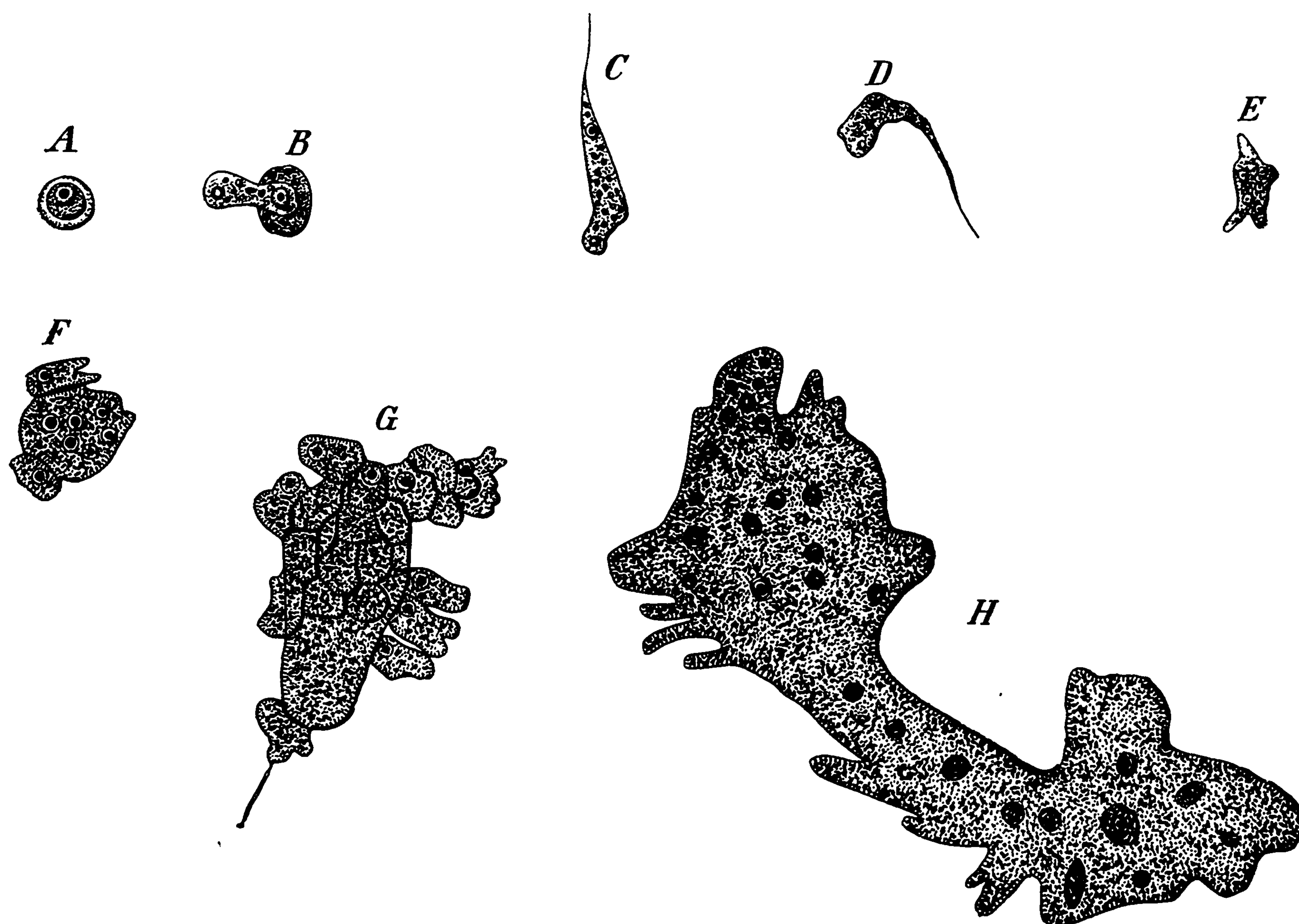


Рис. 76. Didymium leucopus

A — спора; *B* — выхождение содержимого из споры; *C*, *D*, *E* — двигающаяся миксоамеба; *F*, *G*, *H* — слияние миксоамеб в плазмодий

нескольких минут виднеется уже внутри оболочки небольшая выпуклина плазмы монады, проникшая внутрь клетки через отверстие, пробуравленное монадою в оболочке Spirogyra. Отверстие это столь мало, что о существовании его заключают только по проникновению сквозь оболочку плазмы монады. Постепенно вся плазма монады переливается в полость клетки Spirogyra; по мере увеличения объема монады с внутренней стороны оболочки наружная часть ее постепенно убывает и наконец вся переходит внутрь клетки (рис. 75, *a*, *b*). Иногда монады присасываются к оболочке Spirogyra в столь значительном числе, что образуют как бы

непрерывный заборик по всей длине клетки и одновременно проникают внутрь клетки. В полости клетки Spirogyra монады продолжают некоторое время двигаться; движением своим они разрушают строение содержимого клетки; ядро сдвигается на сторону, ленты хлорофилла разрываются на части и закругляются в зеленые шары. Монады присасываются к зеленым скоплениям плазмы, облекают их со всех сторон и образуют вокруг каждого прозрачную сплошную перепонку (рис. 75, *c*). На счет части содержимого, заключенного в оболочке, они строят свое тело; непригодные остатки выделяют из себя кнаружи, так что по прошествии некоторого времени в полости под их оболочками появляются два шаровидных скопления: бесцветная мелкозернистая вновь образованная плазма монады и коричневого цвета шарик — экскременты монады. Бесцветная плазма монады вновь распадается на мелкие подвижные отдельности, совершенно сходные с монадой, присасывающейся к Spirogyra. Молодые монады проникают сперва через оболочку в полость клетки Spirogyra, а затем проходят в воду и отыскивают другую живую клетку Spirogyra, пробегая вновь все вышеописанные стадии развития.

Совершенно подобный способ питания без посредства оболочки свойствен целой группе простейших организмов — слизистым грибам (Myxomycetes, Mycetozoa). В зрелом возрасте они представляют по наружному виду большое сходство с некоторыми из высших грибов, в особенности с родами Lycoperdon, Bovista, Polyporus, Hydnum, но отличаются от них как по строению, так и по истории развития. У всех грибов, за весьма ничтожными исключениями, воспроизводительная крупинка, или спора, прорастает в нить, которая делится на клетки; клетки вырастают в ветви; последние, в свою очередь, ветвятся, и выросшие нити сплетением своим образуют тело гриба. Спора слизистых грибов не вырастает в нить; разбухнув в воде, она выпускает из оболочки содержимое; в воде комочек плазмы начинает изменять контуры. Местами вырастают из него отроги, которые вскоре втягиваются и заменяются новыми; в это же время комочек плазмы перемещается по субстрату; эту стадию развития слизистых грибов называют Myxoamoeba (рис. 76, *B*, *C*, *D*, *E*). Замечательно, что у миксоамебы может появляться по временам ресничка; при этом тело миксоамебы округляется и принимает форму монады, которая вновь может превращаться в миксоамебу; эта метаморфоза происходит иногда по нескольку раз в продолжение немногих минут. Миксоамебы питаются твердою пищею, непосредственно обволакивая посторонние тела, как вышеописанные монады, с тою разницею, что они не образуют вокруг них оболочки; они продолжают двигаться с заключенным телом, переваривают его, а непригодные остатки выбрасывают из разрыва плазмы кнаружи. Миксоамебы разрастаются, пребывая в состоянии голой плазмы; из них со временем образуются скопления голой плазмы весьма значительных размеров, достигающих у Aethalium septicum величины человеческой ладони; образование из миксоамеб плазмодиев обусловливаются, однако, не только ростом миксоамебы, но в очень значительной степени и слиянием их при встрече десятками, иногда даже сотнями и тысячами в одну большую массу голой плазмы (рис. 76, *F*, *G*, *H*).

Только по достижении окончательного роста плазмодий распадается на отдельности и превращается частью [3] в споры, частью в капилиций.

О питании протистов см.: *Haeckel.* Monographie d. Moneren (1868).

Во всех остальных растениях плазма во все времена питания является окруженною сплошною оболочкою без отверстий, так что в плазму могут проникать из окружающей среды только тела, способные пройти сквозь оболочку, именно газы, жидкости, смачивающие оболочку, а из твердых тел только такие, которые растворимы в воде или могут быть переведены в раствор при посредстве выделений клеток. Этому положению не противоречат наблюдения над зооспорами водорослей и некоторых грибов. Движение зооспор продолжается недолго, обыкновенно несколько только часов, и за это время вовсе не наблюдается прироста и усваивания пищи извне. По окончании движения зооспора представляет размеры, одинаковые с теми, которые она имела в самый момент выхождения из оболочки. Только после перехода в неподвижное состояние она облекается оболочкою и начинает расти; с этого времени содержимое не покидает оболочки до окончательного разрастания.

Обмен веществ клетки, снабженной оболочкой, с окружающей средой

Долгое время приписывали оболочке первенствующую роль в питании клетки. Установлению этого взгляда много содействовало сделанное *Дютроше* открытие диосмоза через перепонку; он первый показал, что если разъединить коллоидальной перепонкой две жидкости, способные смешиваться между собою, и установить их на одинаковом уровне, то по прошествии некоторого времени равенство уровней окажется нарушенным; по одну сторону перепонки уровень жидкости поднимется, по другую — понизится на соответственную величину.

Диосмотические явления весьма удобно наблюдаются при посредстве диосмометра *Дютроше.* Прибор этот состоит из узкой стеклянной трубки, расширенной в нижней части в плоский сквозной стеклянный сосуд; нижний край сосуда снабжен выступом. На широкое отверстие его натягивается перепонка, предназначенная для диосмотических опытов; выступающие края перепонки по возможности крепко привязываются к сосуду ниткою повыше ободка. Перепонку предварительно смачивают и натягивают ее еще влажною. Убедившись, что она не имеет отверстий и крепко привязана, вливают в затянутый ею сосуд одну из жидкостей при посредстве длинной воронки; другую жидкость помещают в цилиндрический стеклянный сосуд, в который. опускают эндосмометр на столько, чтобы уровень жидкостей в обоих сосудах был одинаковым. Эндосмометр удерживается на этой высоте посредством штатива. Влияние перепонки на смешивание жидкостей весьма наглядно выясняется посредством следующих опытов: если затянуть эндосмометр пергаментной бумагой или

---

[3] См.: *De Bary.* Mycetozoen.

бычачьим пузырем и налить в эндосмометр спирта, а во внешний сосуд воды, то внутри эндосмометра обнаружится поднятие уровня жидкости. Если, наоборот, в эндосмометр ввести воду, а во внешний сосуд спирт, то уровень жидкости в эндосмометре понизится, а в наружном повысится. Оба опыта указывают на то, что через перепонку происходит обмен жидкостей и что в данном случае вода проникает в большем количестве через перепонку, чем спирт; вследствие этого происходит поднятие уровня жидкости в сосуде, в который был направлен ток воды.

Направление эндосмотического тока зависит, однако, не только от состава жидкостей, но и от свойств употребленной перепонки. Влияние перепонки на характер обмена жидкостей удается обнаружить, наблюдая одновременно два эндосмометра, из которых один затянут пергаментною бумагою, а другой — пластинкой каучука. Если в оба эндосмометра влить спирт и опустить оба в воду, то в первом мы заметим по прошествии некоторого времени поднятие уровня жидкости, между тем как во втором он будет понижаться; при наполнении эндосмометров водою и погружении в спирт обнаружатся изменения в уровне жидкостей диаметрально противоположные. Явления эти объясняются различием проницаемости перепонки для каждой из разъединяемых жидкостей.

Весьма любопытные разыскания над диосмозом произведены *Грэмом*. Особенно интересна обнаруженная им зависимость между свойствами испытуемого соединения и прохождением через коллоидальные перепонки (пергаментную бумагу и бычачий пузырь). *Грэм* нашел, что для целого ряда соединений они представляют почти непроницаемую преграду; пропуская легко тела кристаллические, перепонки эти задерживали почти совершенно растворы коллоидальных тел, например белка, клея и др. Различие это оказалось столь резким, что *Грэм* воспользовался им для разъединения смеси тел коллоидальных и кристаллических. Раствор подобной смеси наливают в кольцо из гуттаперчи, затянутое внизу перепонкой, в прибор, называемый *диализатором*, и погружают его нижним краем в большой сосуд с дистиллированною водою; кристаллические тела быстро переходят во внешний сосуд, между тем как коллоидальные остаются в диализаторе; этим способом удается иногда достигнуть полного разъединения этих двух групп тел, если только возобновлять жидкость во внешнем сосуде. Диализом пользуются в настоящее время в сахароварнях для очищения сахара от патоки; этим же приемом *Вюрц* приготовил из белка куриного яйца альбумин, совершенно свободный от минеральных примесей.

Обе вышеназванные перепонки настолько, однако, отличаются по своему строению от оболочки растительных клеток, что из результатов диосмотических опытов над ними нельзя еще сделать определенных выводов касательно перепонки растительных клеток; одно из главных отличий заключается в том, что пергамент и бычачий пузырь, кроме интрамолекулярных пор, представляют между фибрами щели и промежутки, которых нет в оболочке растительных клеток. Попытки отыскать перепонку, более подходящую к оболочке растительной клетки, еще не увенчались успехом. Одно время казалось, что задача эта решена и искомая

перепонка отыскана. *Шумахер*[4] предложил употреблять для диосмотических опытов мешочки из пироксилина, легко приготовляемые из коллодиума. Для получения мешочка наливают густой коллодиум в пробирку и затем осторожно сливают; на стенках пробирки остается слой густого раствора, который засыхает в сплошную перепонку. Если медленно вращать пробирку до застывания жидкости, то получается на внутренней стенке трубочки слой пироксилина, совершенно равномерный; повторением этой операции можно приготовить перепонку желаемой толщины. Верхний край мешочка отделяют от стекла и прилепляют к нему посредством коллодиума конец сквозной стеклянной трубочки, разделенной на части определенного объема. Мешочку не дают вполне высохнуть в пробирке и, как только стеклянная трубочка оказывается приставшею к краю мешочка, немедленно отдирают его от пробирки и переносят в воду, в которой оставляют приборик до тех пор, пока он не потеряет спиртового запаха. Мешочек с трубочкою (рис. 77) наполняют до известной черты одною из испытуемых жидкостей, погружают в сосуд с другою жидкостью и наблюдают, чтобы во все время опыта уровень жидкостей в обоих сосудах был одинаковый. Деления трубочки, соответствующие уровню жидкости в ней в начале и в конце опыта, указывают на изменения объема жидкости в эндосмометре.

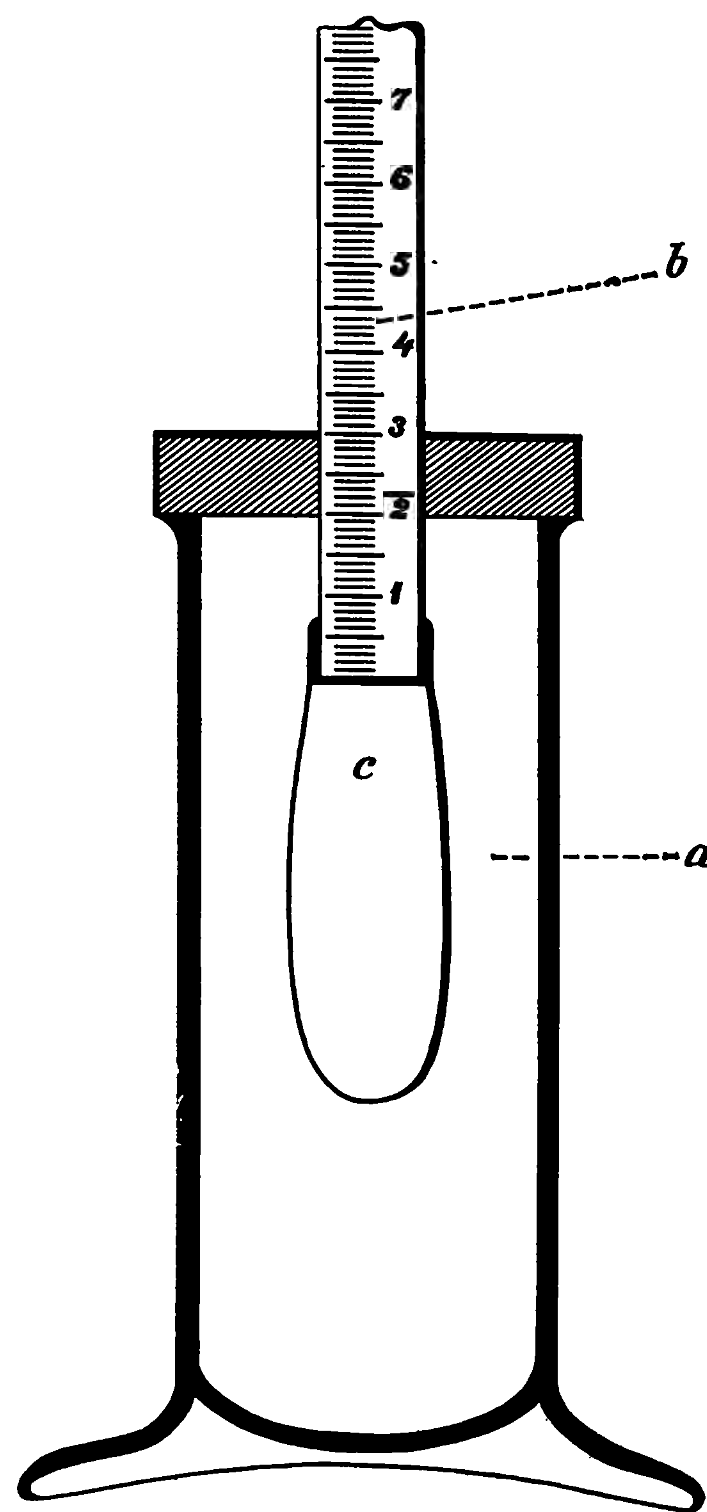


Рис. 77

Приборик этот весьма удобен для демонстрации диосмотических опытов на лекции. Различное прохождение через перепонку коллоидальных и кристаллических тел выступает весьма резко, если в наружный сосуд налить раствор двухлористого железа, а в мешочек — раствор таннина, которые при непосредственном смешивании образуют чернила. Таннин, тело коллоидальное, задерживается в мешочке; двухлористое железо проникает в полость мешочка и образует с таннином чернила, просвечивающие через стенку мешочка; содержимое мешочка делается совершенно черным, между тем как окружающая жидкость остается прозрачною.

Диосмотические опыты с мешочком из пироксилина удобны еще и потому, что приборик может сохраняться без изменения в продолжение нескольких недель, если только его держать в воде.

[4] *Schumacher.* Die Diffusion in ihrer Beziehung z. Pflanze, 1861, p. 29.

Отсутствие щелей и однородность структуры заставляли предполагать a priori, что по диосмотическим свойствам перепонка из пироксилина будет больше походить на оболочку растительной клетки, чем пергаментная бумага и бычачий пузырь. Опыты *Баранецкого*[5], однако, не подтвердили этого предположения. Уже *Шумахер* заметил, что пироксилиновая перепонка, вполне высушенная, совершенно непроницаема для воды и водных растворов и, следовательно, непригодна для диосмотических опытов; поэтому, как уже выше было мною упомянуто, необходимо погружать перепонку пироксилина в воду, не давая ей высохнуть на воздухе; эндосмотические свойства данной перепонки обусловливаются вполне степенью высушивания ее до погружения в воду и для каждого мешочка, следовательно, различны. Сравнительные диосмотические опыты обнаружили, что пироксилиновая перепонка в большей мере отличается от оболочки растительной клетки, чем пергаментная бумага и бычачий пузырь, и ближе последних подходит к каучуку; подобно последнему, она оказалась более проницаемою для спирта, чем для воды.

Ввиду этих данных *Баранецкий* пытался превратить посредством раскисления пироксилиновую перепонку в клетчатку. Высушив ее настолько, что она потеряла запах спирта, он обрабатывал ее однохлористым железом, которое было приготовлено растворением в атмосфере углекислоты закиси железа в соляной кислоте.

При нагревании в плоской чашке реакция шла очень быстро; светло-зеленоватый цвет жидкости переходил в бурый и темнел по мере того, как жидкость становилась концентрированнее. Пироксилиновая перепонка при этом размягчалась, и если действие реактива не было остановлено вовремя, то она делалась столь ломкою, что при неосторожном прикосновении распадалась на части. Гораздо раньше окончательного размягчения перепонка пироксилина обнаруживала уже характерную для клетчатки окраску в синий цвет от йода и серной кислоты. Появление этой окраски служило *Баранецкому* указанием для прекращения реакции. Раскисленная перепонка затем промывалась водою и высушивалась на воздухе. Получаемая оболочка резко отличалась от пироксилиновой; она съеживалась при высыхании, в воде разбухала до прежнего размера и, подобно клетчатке, делалась проницаемой для воды и водных растворов кристаллических тел. К сожалению, *Баранецкий* произвел с этою перепонкою очень небольшое число опытов, и ему удалось только выяснить, что она по диосмотическим свойствам гораздо ближе подходит к пергаментной бумаге и бычачьему пузырю, чем к перепонке из пироксилина.

Руководствуясь данными, полученными над диосмозом через перепонки (пергаментную бумагу и бычачий пузырь), всего ближе подходящие к оболочке растительных клеток, можно, по моему мнению, вывести следующие положения относительно роли оболочки в питании клетки: 1) оболочкою устраняется непосредственное разложение плазмою твердых тел, находящихся вне клетки, если они нерастворимы в жидкости,

---

[5] *Баранецкий.* Исследования над диосмозом. 1870.

которая окружает клетку; 2) оболочка заправляет в значительной степени обменом веществ между плазмою и внешней средой, так как ею задерживаются, с одной стороны, внутри клетки коллоидальные соединения, заключенные в содержимом, а с другой — отстраняются от прикосновения с плазмою растворы коллоидальных тел окружающей жидкости; 3) допускаемый оболочкою диосмоз может изменяться и быть различным в разных тканях и даже в одной и той же клетке в различные фазы ее развития, смотря по толще, по характеру отложенных в оболочке соединений и другим особенностям строения; оболочка из чистой клетчатки будет, несомненно, обусловливать иной обмен веществ, чем оболочка кутикуляризованная, опробкованная или пропитанная воскообразными отложениями. Этими немногими положениями исчерпывается в настоящее время все известное касательно роли оболочки в питании растительной клетки.

Особенное внимание обратили на себя в последнее время осадочные перепонки, открытые *Траубе*[6], так как они оказались весьма сходными с оболочкой растительной клетки не только по строению, но и по способу нарастания; в диосмотических же свойствах обнаружилась между ними весьма значительная разница; их приравнивают, как увидим ниже, в этом отношении поверхностному слою периферической плазмы клетки.

Наиболее интереснсю из них представляется осадочная перепонка, образующаяся на куске твердой желатины при погружении ее в раствор дубильной кислоты[1*]. Для ее получения *Траубе* предписывает подвергнуть обыкновенную желатину кипячению с водою в продолжение 30 часов; затем раствор выпаривают до густоты сиропа и вынимают каплю жидкости концом стеклянной палочки, которая должна быть предварительно тщательно вымыта и прокалена. Палочку с каплей густой желатины медленно вращают до окончательного затвердения желатины, чтобы получить ее в форме по возможности правильной. Спустя несколько часов, когда капля уже вполне высохла, ее погружают в 2%-ный раствор дубильной кислоты. При удачном ходе опыта на поверхности желатины немедленно появляется прозрачная оболочка дубильнокислой желатины; оболочка эта постепенно растет, сохраняя стекловидную консистенцию; промежуток между нею и центральною, не растворенною еще массою желатины, занят прозрачною жидкостью, составленною из раствора дубильной кислоты в избытке желатины.

Разрастание перепонки дубильнокислой желатины представляется особенно интересным, так как оно происходит, подобно росту оболочки растительной клетки, без разрывов, через вставку новых частиц в промежутки между старыми. Рост оболочки происходит, по всему вероятию, следующим образом: в нарастающем шарике дубильнокислой желатины, как в живой растительной клетке, содержимое вызывает сильный эндосмотический ток воды; набирающаяся под оболочкой жидкость давит на оболочку и растягивает ее, увеличивая интрамолекулярные промежутки

[6] *Traube.* Bot. Zeit. 1875; p. 57; его же подробная статья помещена в Archiv v. Reichart u. Du Bois Reymond, 1867. См. также: Cohn. Bot. Zeit. 1876, p. 697.

между ее частицами. Как только промежутки между частицами увеличиваются настолько, что в них может поместиться молекула вещества, из которого построена стенка, происходит вставка новых частиц между старыми; при этом способе разрастания оболочка растет тем сильнее, чем она тоньше; при неравномерной толщине вставка новых частиц происходит преимущественно в местах наиболее тонких, где частицы оболочки легче остальных раздвигаются под давлением содержимого. Наблюдения над разрастанием оболочки дубильнокислой желатины вполне согласуются с этим представлением.

Осадочная перепонка дубильнокислой желатины получается, по *Траубе*, еще лучше, если вместо прокипяченной желатины взять смесь из 5 частей желатины, лишенной предварительным кипячением способности застывать в студень, 1 части обыкновенной желатины, 5 частей тростникового сахара и $^1/_{30}$ части медного купороса и погрузить вполне высохшую каплю этой смеси в 2—2,5%-ный раствор дубильной кислоты.

Из общего числа осадочных перепонок я упомяну здесь в виде примера о перепонках железисто-синеродистой меди и кремнекислого железа. Для получения первой из них достаточно бросить кусочек хлористой меди в раствор железисто-синеродистого калия; кусочек хлористой меди немедленно покрывается по всей свободной поверхности тоненькою, прозрачною оболочкою железисто-синеродистой меди; оболочка эта быстро разрастается в большой мешок, достигающий нередко поверхности жидкости; рост ее происходит без разрывов через вставку новых частиц между старыми; на маленьких кусочках хлористой меди удается наблюдать образование и рост этой оболочки под микроскопом. Оболочка кремнекислого железа образуется столь же легко, если в раствор фуксова стекла (кремнекислого натрия) бросить кусок двухлористого железа; на поверхности его появляется оболочка, которая быстро вырастает кверху в длинные нитевидные и полые внутри отроги.

Осадочные перепонки не представляют отверстий, кроме интрамолекулярных пор, вследствие чего диосмотические качества перепонки вполне зависят от размера промежутков между ее частицами. Промежутки эти во всех осадочных перепонках оказались гораздо меньшими, чем в вышеприведенных коллоидальных перепонках, так как они не только задерживают растворы коллоидальных соединений, но и многих тел кристаллических, частицы которых, по всему вероятию, превосходят размеры интрамолекулярных пор оболочки.

Примером может служить перепонка железисто-синеродистой меди, непроницаемая для раствора сахара. Не менее характерную особенность осадочных перепонок составляет, по исследованиям *Пфеффера*[7], сильное эндосмотическое давление, которое они вызывают в присутствии некоторых кристаллических тел. В прилагаемой табличке приведены в сантиметрах высоты поднятия ртути в манометре, находившемся в соединении с сосудом, который доверху наполнен был исследуемым раствором и замкнут одною из вышепоименованных перепонок. Для опытов с оса-

[7] *Pfeffer.* Osmotische Untersuchungen. 1877.

дочною перепонкою из железисто-синеродистой меди оказалось необходимым ввиду чрезвычайно малой ее прочности поддерживать ее посторонним телом. *Пфеффер* [8] воспользовался для этой цели пористыми глиняными сосудами; наполнив сосуд раствором медного купороса, он погружал его в раствор железисто-синеродистого калия; перепонка железисто-синеродистой меди получалась при этом внутри стенки глиняного сосуда.

При увеличении объема жидкости в сосуде она, с одной стороны, давила на ртуть манометра и вызывала ее поднятие в открытом колене манометра, с другой же — оказывала давление на перепонку и частью проникала через нее кнаружи во внешнюю жидкость. Чем сильнее был эндосмотический ток и чем больше препятствия оказывала оболочка прохождению кнаружи раствора, заключенного в сосуде, тем значительнее было поднятие ртути в манометре.

Высота ртути в манометрах, см

	Пергаментная бумага	Перепонка пузыря	Перепонка из Cu_2FeCy_6
Гуммиарабикум	17,9	13,2	25,9
Желатина	21,3	15,4	23,7
Тростниковый сахар	29,00	14,5	287,7
Селитра	20,4	8,9	700,0

Из этой таблички ясно, что в сосуде, замкнутом осадочною перепонкою, некоторые из кристаллических тел (сахар и в особенности селитра) способны вызывать эндосмотическое давление в 35—70 раз больше, чем с пергаментной бумагой или перепонкой пузыря.

К этим последним, как мы видели, всего больше по эндосмотическим свойствам приближается оболочка растительной клетки, поэтому при ее посредстве нельзя ожидать появления высокого эндосмотического давления в живой клетке. Тем не менее мы имеем основание предполагать, что давление, оказываемое клеточным соком на периферическую плазму и оболочку, может быть по временам весьма значительно. При поранении и перерезывании живой клетки содержимое выдавливается иногда с большою силою. Ввиду этих фактов и некоторых других соображений *Пфеффер* принимает в живой клетке, кроме оболочки, существование еще двух осадочных перепонок на периферической плазме, из которых одна выстилает плазму непрерывным слоем с наружной стороны и непосредственно прилегает к оболочке клетки, а другая — с внутренней и отделяет ее от полости, наполненной клеточным соком; обе эти осадочные перепонки *Пфеффер* обозначает названием гиалоплазмы.

Присутствие подобных же перепонок *Пфеффер* [9] допускает на поверхности зерен хлорофилла, на ядре и некоторых других обособленных отложениях, встречаемых внутри клетки.

[8] *Pfeffer*. L. c.
[9] *Pfeffer*. L. c., 1; p. 34.

Этим перепонкам он приписывает свойства, сходные с осадочными перепонками, хотя и признает невозможным заключать о прохождении различных соединений через оболочки плазмы на основании опытов над оболочкой из железисто-синеродистой меди или дубильнокислой желатины. Присутствием подобных перепонок *Пфеффер* объясняет различие диосмотических свойств плазмы и целлюлозной оболочки по отношению к некоторым соединениям, которые легко пропускаются оболочкою, но не проникают в живую плазму. Отличным примером могут служить клетки с окрашенным клеточным соком, в которых живая плазма, непосредственно окружающая окрашенную жидкость, остается бесцветною и не пропускает пигмента кнаружи; в оболочке пигмент не встречает преграды к выходу из клетки и при поранении плазмы быстро переходит в окружающую жидкость. *Негели*[10], кроме того, показал, что если произвести съеживание содержимого клетки раствором сахара, подкрашенным растительным пигментом, который не пропускается плазмою, то он вместе с сахаром проникает сквозь оболочку в промежуток между оболочкою и отставшею плазмою, но не окрашивает плазмы в то время, когда она съеживается от сахара.

Присутствие осадочных перепонок на плазме легко объясняет напряженность тканей и значительное давление, которое оказывает иногда содержимое клетки на оболочку, но и при участии подобного рода оболочек в обмене веществ между растительными клетками и окружающею средою многое остается по-прежнему необъясненным. Сюда относится, например, показание *Негели*[11], что крахмальные зерна, погруженные в раствор дубильной кислоты, пропитываются им насквозь и обнаруживают во всей толще свойственную дубильной кислоте окраску от солей железа и других реактивов; в этом случае мы имеем проникание коллоида сквозь коллоидальные перепонки, чего не наблюдалось еще при диосмотических опытах вне живой клетки. Мы не имеем также достаточно точных данных, чтобы отрицать прохождение сквозь оболочки клеток белковых соединений при передвижении их по тканям растений. На проникание плазмы через оболочку живой клетки указывает *Корню*[12]. По его наблюдениям, плазма 3—5 клеток конидий Nectria armeniaca Tul. переходит в конечную клетку, несмотря на разъединяющие перегородки. К подобного рода фактам необходимо, однако, относиться с крайнею осторожностью, так как в оболочке могут быть мельчайшие отверстия, которые весьма легко совсем просмотреть или принять за продушины. Доказательством этому может служить открытие *Танглем*[13] сквозных отверстий в клетках белка Strychnos, где до последнего времени предполагали лишь продушины. Еще с меньшим правом можно отрицать вхождение в плазму раствора сахара и некоторых других кристаллических соединений (например, селитры), задерживаемых, как было показа-

[10] *Nägeli*. Pflanzenphysiol. Untersuch. H. 1; 5 (1855).
[11] *Nägeli*. Just. Jahresb. 1875, 875.
[12] *Cornu*. C. R. 84, 133 (1877).
[13] *Tangl*. Pringsh. Jahrbüch. 12, 170 (1880).

но выше, осадочными перепонками. Сам *Пфеффер*[14] допускает, что осадочные оболочки плазмы не только могут изменяться в консистенции и диосмотических свойствах под влиянием жизни клетки, но даже в состоянии пропускать через себя при сильном давлении молекулы, превосходящие по размерам интрамолекулярные отверстия оболочки; при этом, по его представлению, гиалоплазма разрывается и тотчас же затем вновь зарастает. Последнее допущение *Пфеффера* в значительной степени подрывает значение, придаваемое осадочным перепонкам в питании растений, и затемняет роль, которую они играют при обмене веществ живою клеткою. Во всяком случае, факты эти несомненно указывают на зависимость обмена веществ между клеткою и окружающею средой (или другими клетками) от давления жидкого содержимого на периферический слой плазмы и оболочку и заставляют думать, что при значительном давлении клетки становятся проницаемы для соединений, которые не пропускают сквозь себя при давлении меньшем.

К необъяснимым особенностям диосмоза живых клеток относится способность удерживать в смежных клетках кислую и щелочную реакцию сока или, другими словами, оказывать сопротивление прохождению таким соединениям, которые легко проникают не только через пергаментную бумагу, пузырь, оболочку пироксилина, но и сквозь осадочные перепонки. *Сакс*[15], например, показал, что при перерезывании ситовидных элементов вытекает сок щелочной, между тем как смежные клетки заключают сок кислый. Приложенная к поперечному разрезу перерезанного стебля чувствительная лакмусовая бумажка окрашивалась в яркий красный цвет на всем протяжении разреза, за исключением только мест, соответствующих перерезанным ситовидным элементам; в этих местах получались на бумажке темно-синие пятна.

Саксу также удалось находить среди ткани с кислым соком отдельные клетки с отложениями углекислого кальция в содержимом, что возможно только при щелочной или по крайней мере средней реакции клеточного сока; в самом деле, при поранении клеток с отложениями углекислого кальция последние моментально растворялись в кислой жидкости, вытекшей из перерезанных смежных клеток.

Ввиду своеобразного отношения к явлениям диосмоза растительных клеток особенный интерес представляют непосредственные опыты над диосмозом их перепонок. До сих пор в этом направлении произведены немногие опыты *Шахтом* с кусками оболочки водоросли Caulerpa, *Иосифом Бусенго* — над кожицей высших растений и *Гартигом* — над листьями Allium и Hyacinthus.

Опыты *Шахта*[16] с оболочкой Caulerpa дали странный результат, требующий тщательной проверки. При диосмозе спирта с водою уровень жидкости повышался в сосуде с водою. Различие от перепонки из пузы-

---

[14] *Pfeffer.* L. c., p. 44.
[15] *Sachs.* Bot. Zeit. 1862, N 33.
[16] *Schacht.* Lehrb. d. Anat. u. Physiol. d. Gewächse, 1, 362 (1856).

ря особенно рельефно выступило при следующем сравнительном опыте: в трубочке, затянутой оболочкой и заключавшей спирт, уровень жидкости понижался в продолжение двух дней на 15 мм в сутки, между тем как в трубочке со спиртом, затянутой пузырем, жидкость постепенно прибывала. По отношению к спирту оболочка Caulerpa оказалась, следовательно, подходящею ближе к перепонкам каучуковой и пироксилиновой.

Иосиф Бусенго[17] исследовал диосмотические свойства кожицы высших растений. Плоды, листья и корни разных растений погружались в воду, за исключением срезанного конца, оставленного над водою. При этом обнаружилось весьма существенное различие между воздушными частями (цветами, плодами, листьями) и подземными (корнями) по отношению к экзосмозу сахара: первые выделяли его через кожицу в воду, последние же удерживали сахар в себе.

Гартиг[18] производил диосмотические опыты с концами листьев гиацинта и лука в 3—4 дюйма длины. Он предварительно удалял из них внутренние ткани, а оставшуюся наружную часть листа, составленную из кожицы, прилегающей паренхимы и сосудистых пучков, подвергал долгое время мацерации в воде; для удаления воскообразных отложений кожицы отрезки листа подвергались кипячению в спирте. Лист, наполненный одною из жидкостей, погружался в сосуд с другою жидкостью. Из полученных результатов наиболее интересны следующие: 1) листья гиацинта и лука оказались совершенно непроницаемы для раствора сахара независимо от того, помещался ли он внутри листа или в окружающей жидкости; 2) при погружении листа лука, наполненного раствором дубильной кислоты, в раствор двухлористого железа обнаруживалась быстрая убыль жидкости в листе, между тем как дубильная кислота задерживалась листом; 3) лист лука, наполненный тинктурой йода и погруженный в жидкий клейстер, выделял спирт и задерживал йод, так как клейстер оставался бесцветным; 4) лист лука, содержавший раствор хлористого кальция и опущенный в раствор щавелевокислого калия, покрывался только на наружной поверхности большими и длинными кристаллами щавелевокислого кальция, следовательно, выделял из себя хлористый кальций и не пропускал внутрь щавелевокислого калия, несмотря на то что уровень жидкости в листе поднимался столь быстро, что приходилось ежедневно выливать из листа часть жидкости; 3) при наполнении листа лука раствором щавелевокислого калия и погружении в раствор хлористого кальция жидкость в листе быстро убывала, но нигде не показывалось и следа кристаллов или осадка щавелевокислого кальция.

Ввиду этих фактов нельзя не сознаться, что условия обмена веществ живой клетки с окружающею средою еще далеко не вполне выяснены и что имеющиеся наблюдения и опыты могут служить лишь указанием пути, ведущего к разрешению намеченных вопросов.

---

[17] *Boussingault J.* Ann. Chim. Phys. S. 4, t. 29, 360 (1873).
[18] *Hartig.* Bot. Zeit. 1853, 309 и 481.

Обмен веществ между высшими растениями и окружающею средою

В высших растениях условия обмена веществ осложняются дифференцировкою растений на разнообразные ткани и органы.

В главе III уже было указано на различие в принятии сырой пищи подземными частями (корнями) и надземными (листьями). Корни доставляют растению воду и растворимые в ней твердые тела, между тем как листья заимствуют из атмосферы весь углерод в виде углекислоты, которую разлагают на свету.

Обмен веществ корнями

В корне можно отличить три части: 1) корневую мочку; 2) молодую часть корня, покрытую живыми корневыми волосками и 3) старую с волосками, уже отмершими, и пробковою тканью на поверхности. Каждая из них относится различно к обмену веществ с окружающею средою. Разграничение этих участков обозначается весьма резко на осторожно вынутом из земли корне. На прилагаемом рисунке изображен корень проросшей пшеницы (рис. 78), отчасти покрытый приставшею землею. Земля, как видно из рисунка, удерживается с значительною силою на средней молодой части корня (*é*), спадая легко с верхнего участка корня (*e*, *n*) и с корневой мочки (*w*). Исследование корня под микроскопом убеждает, что чехлик земли одевает корень только на протяжении, занятом живыми корневыми волосками; земля сваливается с корневой мочки, так как на ней нет корневых волосков, и со старой части, на которой волоски уже отмерли и ссохлись.

Долгое время приписывали корневой мочке главную роль при всасывании сырой пищи; но уже в 1843 г. *Олерт*[19] доказал весьма простыми опытами несостоятельность этого мнения.

Осторожно вынутые из земли растения он погружал в воду, у одних смачивал водою только корневые мочки, у других молодые части корня, покрытые корневыми волосками; первые засыхали столь же быстро, как растения, оставленные с корнями на воздухе, вторые оставались живыми долгое время. Чтобы устранить засыхание растений, погруженных в воду корневыми мочками, от потери воды молодыми частями корня, *Олерт* погружал последние в слой масла; предосторожность эта оказалась, однако, излишнею, так как и в последнем случае растения быстро засыхали. Эти опыты вместе с приведенными выше наблюдениями над распределением корневых волосков на поверхности корня заставляют признать участок корня, покрытый живыми корневыми волосками, за наиболее деятельный в обмене веществ с окружающею средою. Эта часть корня покрыта кожицею без отверстий, так что только соединения, способные диосмировать сквозь нее, могут переходить из почвы в растение и обратно.

[19] *Ohlert.* Linnaea, 1837, p. 609.

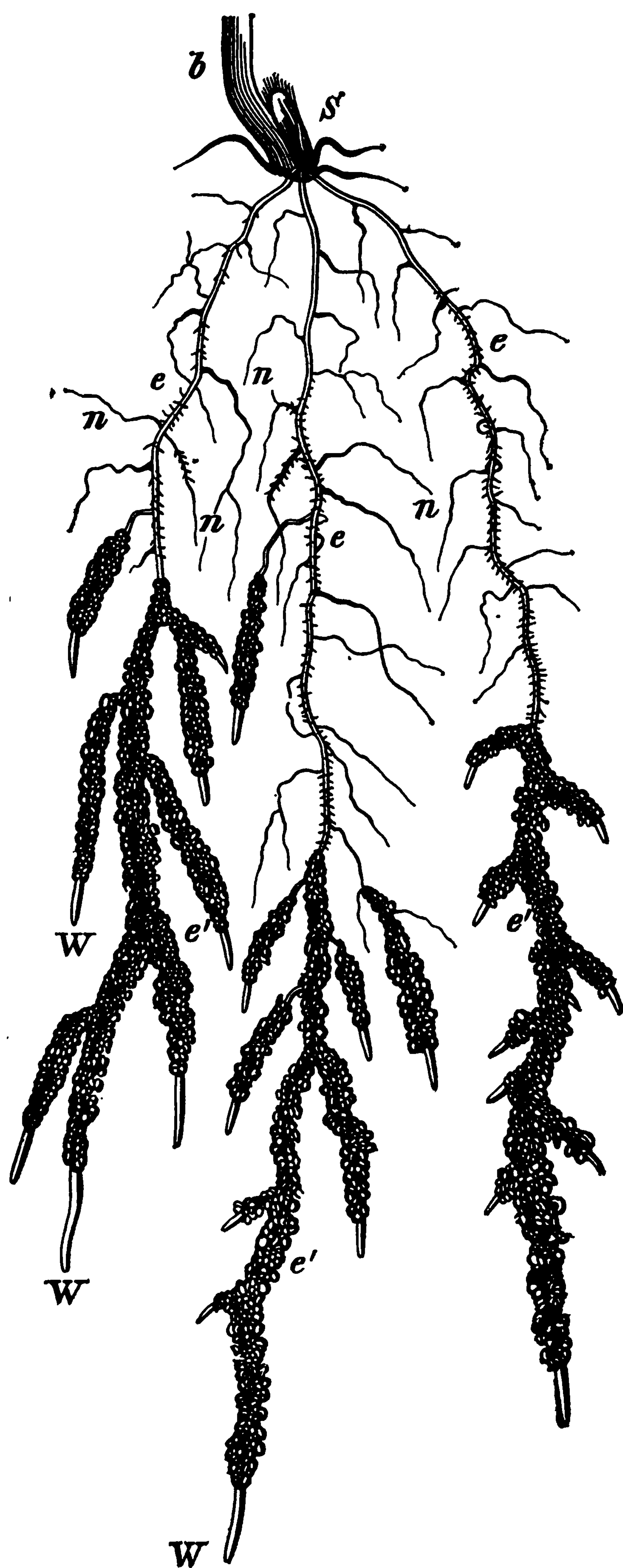


Рис. 78

Касательно условий обмена газообразных, жидких и твердых тел корня с почвою известно еще очень немногое. Обмен газов не подлежит сомнению; мы знаем (см. главу II), что корни беспрерывно поглощают кислород и выделяют углекислоту, что напряженность этого обмена обусловливается температурой, но этим и ограничиваются все наши сведения. Бóльшая же часть наблюдений и опытов относится до принятия корнями извне воды и растворенных в ней минеральных соединений. Первые точные опыты принадлежат Соссюру; он показал, что всасывание корнями нельзя приравнивать всасыванию жидкости губчатым телом, так как корни способны изменять концентрацию окружающего их раствора. *Соссюр*[20] погружал осторожно вынутые из земли растения в сосуд с 40 кубическими дюймами воды, в которой было растворено 12 гранов испытуемого вещества; для устранения испарения воды, помимо растения, сосуд был прикрыт крышкою с небольшим отверстием для стебля растения. Опыт продолжался до тех пор, пока объем жидкости не уменьшался наполовину.

Определяя концентрацию оставшегося раствора, *Соссюр* находил ее значительно большею, чем в начале опыта. Так, например, Polygonum persicaria приняло из 100 частей растворенного тела в продолжение опыта количество, гораздо меньшее 50%, именно:

[20] *Saussure.* Recherches chimiques c. l. végétation, 1805 p.

из	раствора	KCl	14,7 частей		из	раствора	$CuSO_4$	47,0	частей
»	»	NH_4Cl	12,0 »		»	»	гумми	9,0	»
»	»	$Ca(NO_3)_2$	4,0 »		»	»	сахара	29,0	»
»	»	$CaSO_4$	14,4 »		экстракта из удобренной почвы			5,0	»
»	»	$Ca(C_2H_3O_2)_2$	8,0 »						

Из таблички видно, что один только раствор $CuSO_4$ был принят растениями почти без изменения концентрации; *Соссюр* нашел, однако, корни растения, погруженного в медный купорос, поврежденными и совершенно верно приписывает полученный результат отмиранию корней.

Во всех остальных опытах корни вбирали больше воды, чем растворенного вещества, вследствие чего *Соссюр* пришел к заключению, что корни всасывают из раствора больше воды, чем растворенного тела.

Впоследствии оказалось, что условия опытов Соссюра не соответствовали нормальным, так как он употреблял слишком концентрированные растворы, непригодные для питания растений. Опыты выращивания растений в искусственной смеси солей показали, что для нормального произрастания всего пригоднее концентрация от $^1/_{1000}$ до $^5/_{1000}$. *Вольф* [21], проверяя опыты *Соссюра*, получил результат, совершенно сходный в пределах концентрации растворов, употребленных *Соссюром*. При концентрации меньшей получилось совершенно иное: раствор в $^1/_{1000}$ всасывался корнями без изменения; из растворов еще более слабых корни поглощали более растворенного вещества, чем воды, вследствие чего раствор вне корней становился со временем менее концентрированным. Вольф производил опыты над маисом и фасолью; оба растения дали результаты совершенно согласные.

Способность растений извлекать корнями из растворов одни соединения преимущественно перед другими еще резче выразилась в опытах *Тринхинетти* [22]. Растения, погруженные корнями в определенные смеси двух солей, всасывали их в различной степени. При этом одними растениями поглощалась преимущественно одна из солей, а другими другая; из смеси селитры и поваренной соли Mercurialis annua и Chenopodium viride поглотили много селитры и мало поваренной соли, между тем как Satureja hortensis и Solanum lycopersicum приняли в себе больше поваренной соли, чем селитры.

Выделения корней. Всасывание корнями веществ, растворимых в воде, объясняют обыкновенно эндосмозом, но нельзя не сознаться, что с фактической стороны обмен веществ между корнем и внешнею средою еще мало разработан; даже неизвестно, насколько всасывание корнями сопровождается экзосмотическим током жидкости. В пользу выделения корнями говорят только два факта: 1) выделение корнями кислот, которые принимают на том основании, что при прорастании кресса в жидкости, окрашенной лакмусом в синий цвет, появляется через некоторое время красная окраска и 2) разъедание зарытой в почву мраморной

[21] *Wolff*. Land. Vers. 6; 203 (1864) и 7; 193 (1865).
[22] *Trinchinetti*. Sulla facoltà assorbente delle radici de vegetabili. Milano, 1843, 4. (Bot. Zeit. 1845, p. 111).

пластинки корнями растений в тех местах, где они к ней прикасаются. *Сакс* [23] зарывал в горшок с землею мраморные пластинки, отполированные с одной стороны; они были обращены этою поверхностью вверх; почва над пластинками засевалась семенами различных растений. Через некоторое время корни дорастали до пластинки; не имея возможности углубляться дальше вниз, они продолжали расти по поверхности пластинки. По окончании опыта полированная поверхность пластинки оказывалась разъеденною везде, где к ней прилегали корни, и представляла точный рисунок их разветвлений. Ввиду разъедания пластинки только в местах непосредственного прикосновения корней *Сакс* заключает, что выделенное ими соединение принадлежит к нелетучим кислотам.

Наконец, в подтверждение выделения корнями приводят пробуравливание плотных тканей и оболочек корешками паразитных растений, например Viscum и различных паразитных грибов. В особенности трудно представить себе проникание нежных гифов некоторых паразитных грибков сквозь клетки кожицы без посредства выделения, которое бы растворяло или по крайней мере размягчало толстую кутикуляризованную оболочку кожицы.

Отношение корней к плодородной почве. Опыты, изложенные как в III, так и в IV главах, имели в виду питание корней, погруженных в водный раствор неорганических солей. Этими опытами несомненно выяснилось, что корни вводят в растение в виде водных растворов необходимые для растения минеральные соли и воду, так что некоторые по крайней мере из хлорофиллоносных растений развивались вполне в смеси пяти минеральных солей, т. е. в почве, совершенно лишенной органических соединений. Из анализов выращенных растений нетрудно было убедиться, что они по химическому составу весьма мало отличались от растений, снятых с плодородной почвы. Они не только заключали те же самые соединения, но и обнаруживали совершенно сходное распределение веществ по органам. С этой стороны, следовательно, выращивание растений в искусственной смеси солей дало совершенно определенный результат. Уже *Кноп* утверждал с самого начала не без основания, что нельзя отождествлять питания корней в растворе солей с питанием в земле, и указал на различие между водным раствором солей и почвою. Это различие отразилось, как мы видели выше, на разрастании корней; в водном растворе солей главный корень получается тонкий и гораздо длиннее нормального, разветвления покрывают лишь его верхнюю часть, близ уровня жидкости, между тем как в земле наибольшее число разветвлений корня находится на известной глубине под поверхностью почвы. Отклонения эти вызываются частью непосредственно жидкою средою, частью недостатком в жидкости кислорода, столь же необходимого для корней, как и для других частей растений.

Кроме того, на питание корнями в почве влияет еще другое весьма существенное различие почвы от водного раствора солей. Несомненными опытами доказано, что весь почти запас питательных материалов пребы-

[23] *Sachs*. Handbuch. d. Experimentab. Physiologie, 1865, p. 189.

вает в почве в твердом виде, в соединении с почвою; только весьма незначительная часть находится растворенною в почвенной воде, так что остается нерешенным, заимствуют ли корни сырую пищу из водного раствора или же непосредственно от частичек почвы. Мы увидим ниже, что почва не только не уступает этих соединений пропускаемой через нее воде, но даже поглощает некоторые из них из водного раствора и удерживает в нерастворимом состоянии. Эту способность поглощения почвою различных соединений из водного раствора обозначают названием *поглотительной способности почвы.* Поглотительную способность почвы легко обнаружить, если, следуя указанию *Либиха,* полить землю, помещенную в воронке, слабым раствором ($^{1}/_{500}$) фосфорнокислого калия. Соль эта целиком задержится почвою при просачивании жидкости и не оказывается в фильтрате. То же самое происходит при поливке почвы раствором аммиака или кремнекислоты. Эти соединения тоже поглощаются почвою сполна. Мы имеем здесь нечто сходное с обесцвечиванием некоторых окрашенных жидкостей посредством угля, который извлекает растворенный в жидкости пигмент и переводит его в нерастворимое состояние. Полной параллели между поглощением почвою и углем провести, однако, нельзя ввиду следующего довольно существенного различия: уголь поглощает растворенное соединение, не разлагая его, или пропускает сквозь себя раствор без изменения; почва же обладает способностью разлагать некоторые соединения, с которыми приходит в прикосновение, и задерживать лишь одну из составных частей растворенного тела, оставляя другую в растворе. Например, если полить почву раствором хлористого калия, то калий задерживается почвою, хлор же в виде хлористого кальция переходит в фильтрат. Подобного разложения уголь произвести не может.

Воззрения на поглотительную способность почвы весьма различны: по мнению *Либиха* и его последователей (*Генеберга, Штомана, Петерса, Убальдини* и др.), поглощение почвою обусловливается *частичным притяжением* между почвою и растворенным телом; напротив того, *Уё, Фёлкер, Бретшнейдер* объясняют обнаруживаемое почвою поглощение химическими реакциями между кремнекислыми солями почвы (цеолитами) и раствором. Третьи, наконец (*Брустлейн, Кноп*), принимают, что поглотительная способность почвы обусловливается частью частичным притяжением, частью химическими реакциями.

Не вдаваясь в критический разбор этих воззрений, я приведу только главные выводы исследований над поглотительной способностью почвы: 1) кроме вышеназванных тел, едкого кали, аммиака, фосфорной кислоты и кремнекислоты, поглощаются почвою, хотя и в меньшей степени, еще следующие соединения: едкий натр, известь и магнезия; напротив того, хлор, хлористоводородная кислота, серная и азотная кислоты почвою вовсе не задерживаются; 2) количество соединения, поглощаемого почвою, обусловливается концентрацией раствора: чем крепче раствор, тем большее количество веществ извлекается из него почвою; 3) если облить почву раствором одного из поглощаемых соединений и оставить с ним в прикосновении, то почва извлечет из него сполна количество

соединения, которое может извлечь. Часть соединения при этом, однако, удерживается в растворе; растворенное тело распределяется между почвою и водою, после чего дальнейшего изменения в распределении его не замечается, сколько бы времени мы ни держали почву в прикосновении с раствором. Удерживание части растворенного тела водою не может быть, однако, объяснено насыщением почвы этим соединением, потому что при перенесении почвы в более концентрированный раствор того же тела она поглотит из него новое количество вещества, пока не восстановится опять равновесие между почвою и окружающим раствором. На основании этих опытов в настоящее время принимают, что в почве главная масса необходимых для растения питательных веществ находится в нерастворенном состоянии и что только малейшая часть всего запаса пищи может находиться в почве в растворенном состоянии. Причем, однако, остается совершенно невыясненным, заимствуют ли корни, растущие в почве, сырую пищу непосредственно от частичек почвы, с которыми плотно срастаются при посредстве корневых волосков, поглощают ли минеральные соединения из почвенного раствора и не могут ли они питаться тем и другим способом в одно и то же время.

Питание при посредстве корней чужеядных и паразитных растений. Исследования, произведенные до настоящего времени над участием корней в питании растений, относятся исключительно к растениям, корни которых растут в почве, а надземные части окружены воздухом. Над питанием корней водных растений, погруженных в воду вполне или только частью, а равно над питанием растений, снабженных воздушными корнями, и растений паразитных вовсе не имеется специальных разысканий. Между тем глубокие изменения в строении корней воздушных [24], а равно и корней паразитных растений заставляют предполагать существенные отклонения в способе их питания. Своеобразная покрышка из белой губчатой ткани воздушных корней орхидных и присутствие во внутренних тканях хлорофилла свидетельствуют весьма наглядно о своеобразном процессе их питания.

Не менее загадочны отклонения в строении корней паразитирующих растений. Отсылая читателя, желающего ознакомиться с этим предметом, к статьям *Питра* [25] и графа *Сольмс-Лаубаха* [26], я ограничусь здесь лишь указанием общего характера этих отклонений. Корни паразитирующих растений являются иногда не только лишенными чехлика (Viscum Oxycedri), но и без признаков строения, присущего нормальному корню. От главных разветвлений корня-паразита отходят в разные стороны и прорастают ткань питающего растения отростки, составленные из немногих только рядов клеток, иногда даже из одного; при этом некоторые клетки из наружных превращаются в трахеиды и плотно срастаются с соответствующими элементами питающего растения. Наибольшей дегенерации и простоты в строении достигают корни Pilostyles Hausknechtii,

[24] *Leitgeb.* Denkschriften d. Wien. Ak. 24, 179 (1864).
[25] *Pitra.* Bot. Zeit 1861, p. 51.
[26] *Graf Solms-Laubach.* Pringsh. Jahrb. 6; 509 (1867–68); его же: Bot. Zeit. 1874; p. 40.

паразита из сем. Rafflesiaceae. По свидетельству графа *Сольмс-Лаубаха*, корни этого паразита пронизывают питающее растение (различные виды Astragalus) в виде членистых однородных ветвистых нитей, выполняя собою межклетные пространства. Они имеют вид паразитирующего грибного мицелия, отличимого иногда от смежных клеток Astragalus только по коричневому цвету содержимого.

Обмен веществ листьями

Совершенно иной характер представляет обмен веществ между листьями и атмосферой; он сосредоточивается на обмене газов и воды; уравновешивание состава газов растения и атмосферы и выделение в парообразном состоянии избытка воды, вводимой в растение корнями, составляют две главнейшие функции листьев в питании растений.

Пути обмена газов и воды между растениями и атмосферой

Обмен газов и паров воды происходит двояким путем: а) через устьица и б) через стенки поверхностных клеток. Оба эти пути обмена я рассмотрю отдельно.

Обмен газов и паров воды при посредстве устьиц. Кожица листа оказывается пробуравленною бесчисленным множеством мелких отверстий — *устьиц*, особенно многочисленных на нижней поверхности листьев. Под каждым устьицем находится полость, сообщающаяся с целою сетью межклетных пространств, так что устьица служат непосредственными путями обмена газов растений с окружающей атмосферой. По вычислению *Вейса*[27], у большинства растений приходится на квадратный миллиметр нижней поверхности листа от 40 до 300 устьиц; у некоторых гораздо больше, например у Olea Europaea число их возрастает до 625, у Brassica rapa — до 716. Размеры устьиц у разных растений различны; по измерениям *Вейса*, у 150 исследованных видов растений размеры устьиц колеблются между 0,00011 и 0,00459 мм^2, у большинства форм они занимают пространство от 0,0002 до 0,0008 мм^2. Щель устьица, по измерениям *Унгера*, составляет у Agapanthus umbellatus 0,000047 мм^2, у Ajuga genevensis — 0,0000137 мм^2. Наибольшие размеры устьиц найдены *Вейсом* у Amaryllis formosissima и Lilium martagon. По наблюдениям *Моля*, ширина щели устьица у Lilium равняется на неповрежденном листе $^1/_{170}$—$^1/_{124}$ мм; на краю сорванных кусков кожицы щели устьица являются значительно более расширенными, именно до $^1/_{38}$ мм, на неповрежденном листе Zea Mays ширина щели равнялась $^1/_{178}$ мм, на содранной с листа кожице — $^1/_{28}$ мм[28].

Чем значительнее отверстия устьиц и чем больше число их, тем энергичнее может происходить при их посредстве обмен газов растения с окружающею атмосферой.

[27] *Weiss.* Pringsh. Jahrbüch. 4, 125 (1865).
[28] *De-Bary.* Vergleich. Anatomie d. Vegetationsorgane, p. 38.

Наблюдения, кроме того, показали, что размеры отверстия устьиц управляются в значительной степени внешними влияниями; от совокупного действия света и теплоты отверстия у большинства растений раскрываются, при обыкновенных же условиях пребывают открытыми наполовину; иногда оказываются совершенно замкнутыми.

Подробные исследования над строением устьиц, закрытием и разверзанием их щелей под влиянием внешних условий у различных растений изложены в следующих работах:

Mohl. Bot. Zeit. 1856, p. 697.
Unger. Sitzungsb. Wien. Ak. 25; 450 (1857) и 44; 327 (1861).
Müller. Pringsh. Jahrb. 8; 75 (1872–73).
Barthelemy. Ann. d. Sc. Nat. S. 5; t. 19; 131 (1874).
Merget. C. R. 84; 376 (1877).
Schwendener. Monatsb. d. Berl. Ak. 1881, Juli.

Исключительное распределение устьиц на одной верхней стороне найдено *Дюваль-Жувом*[29] у некоторых Gramineae, Triticum junceum, Gynerium argenteum, Melissa altissima, Scleropoa maritima и др. В связи с распределением устьиц происходит у этих растений закручивание листа вокруг оси на 180°, вследствие чего морфологическая верхняя сторона со временем оказывается обращенною вниз. Исключения эти тем страннее, что, по наблюдениям того же исследователя, почти у всех остальных Gramineae устьица оказались расположенными только на нижней стороне; на верхней же их вовсе не было.

На одной верхней поверхности листовой пластинки находятся устьица у водных растений с листьями, плавающими на поверхности воды. В последнем случае распределение их, несомненно, обусловливается внешними условиями, так как устьица развиваются лишь на воздушных частях растений. Образование устьиц на листьях водных растений, остающихся погруженными в воду, замечается лишь редко, и если устьица развиваются, то только в весьма небольшом числе.

Не подлежит сомнению, что устьица весьма способствуют обмену газов между растением и окружающей средой. При всякой разнице в температуре растения с окружающей средой, при изменении формы и размера межклеточных полостей от колебания растения ветром необходимо предположить токи газов (и паров воды) из растения в атмосферу и обратно. В случае образования внутри растений газа, сравнительно мало растворимого в клеточном соке, избыток его легко проникнет из межклетных пространств через отверстия устьиц в окружающую атмосферу; совершенно обратное обнаружится при превращении менее растворимого газа в более растворимый, например при поглощении кислорода и образовании углекислоты; часть углекислоты удержится в растворе, и вследствие разрежения газов в полостях растения наружный воздух будет проникать через устьица в растение до восстановления равновесия с окружающей атмосферой. Косвенным доказательством этого могут служить не имеющие устьиц водные растения. Лишенные возможности об-

[29] *Duval-Jouve.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 1, 294 (1875).

менивать с достаточною быстротою накопляющиеся в них газы, они в сравнительно короткое время обнаруживают иногда состав газов, совершенно различный от воздуха. Наглядный пример представляет, по наблюдениям *Кнопа*[30], Myriophyllum.

Утром *Кноп* наблюдал в Myriophyllum обыкновенно смесь газов, заключавшую только от 10—20% кислорода; в темном шкафу содержание кислорода спадало до 1—2%; на свету в воде с углекислотой отрезок Myriophyllum, подобно остальным водным растениям, выделял ток пузырьков газа из разреза; к 5-му часу вечера эта смесь газов содержала от 40 до 50 и даже до 70% кислорода.

Значительное давление, под которым иногда находятся газы внутри водных растений, легко обнаружить, поранив растение, успевшее разложить несколько углекислоты на солнце; заключенные в растении газы немедленно устремляются через пораненное место кнаружи и поднимаются в воде в виде непрерывного тока маленьких пузырьков газа.

Примечание. О системе замкнутых полостей, наполненных газами в растениях, см. ниже.

Обмен газов через стенки клеток кожицы. Касательно обмена газов через оболочки клеток кожицы почти не имеется исследований; принимая, однако, во внимание, что ткани живого растения пропитаны водою, можно утверждать, что быстрота передвижения газа этим путем должна находиться в прямой зависимости от растворимости в воде и что, следовательно, наибольшая скорость перемещения из атмосферы в растение и обратно должна принадлежать углекислоте. Априорический этот вывод отчасти подтвердился исследованиями *Мюллера*[31] над прониканием газов через кожицу, содранную с листа Haemanthus puniceus. Кожица Haemanthus puniceus, совершенно лишенная устьиц, представляет объект, вполне пригодный для этой цели. Для измерения скорости прохождения сквозь нее газов *Мюллер* устроил следующий прибор (рис. 79): средняя часть прибора состояла из открытой с обоих концов стеклянной трубки (A), поддерживаемой штативом (F); концы трубки (A) закрыты были каучуковыми пробками (k и k'). Через один конец входил испытуемый газ; на противоположном конце трубки сквозь пробку (k') была продета стеклянная трубка (B), залитая на конце (o) тонкою пластинкою гипса. Кусок двойной кожицы листа Haemanthus был приклеен к отогнутому краю конца (o) трубки (B) раствором каучука в эфире; на всем же остальном протяжении кожица поддерживалась пластинкою гипса с целью предохранения перепонки от разрыва при напоре пропускаемого газа. Присутствие гипса не могло влиять на результат опыта, так как, по предварительным определениям, гипсовая пластинка оказалась чрезвычайно легко проницаемою для газа сравнительно с исследуемой перепонкой. Трубка (B), затянутая с конца (o) перепонкой, находилась в соединении с ртутным манометром (C) и насосом Шпренгеля (D), действие которого регулировалось кранами

[30] *Knop.* Land. Vers. 1, 156 (1859).
[31] *Müller.* Pringsh. Jahrsb. 7, 145 (1869).

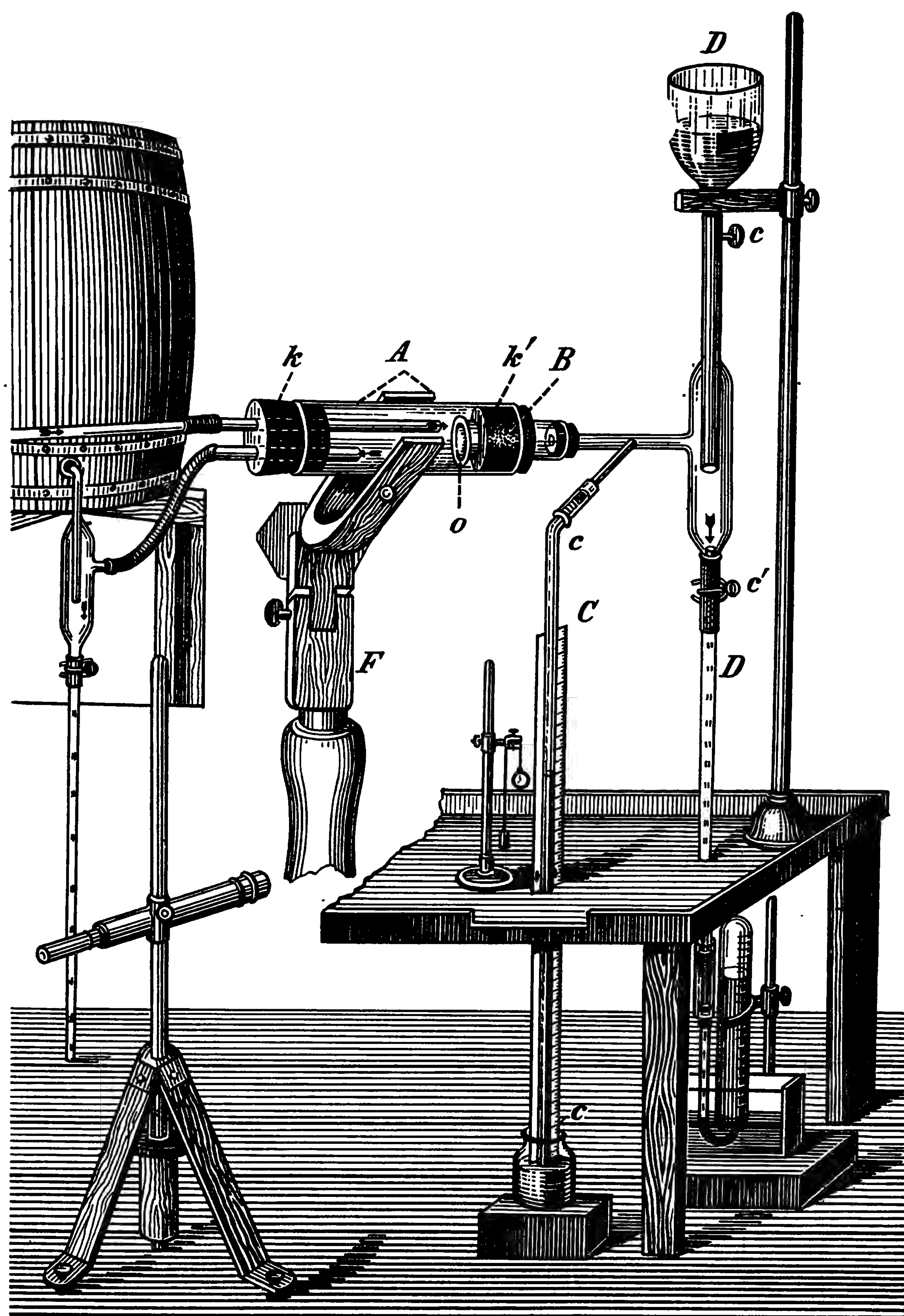


Рис. 79

(*c* и *c′*). Испытание проницаемости оболочки Haemanthus для различных газов происходило следующим образом: прежде всего воздух, наполнявший трубку (*B*) и манометр (*c*), выкачивался посредством насоса; действие насоса приостанавливалось посредством кранов *c* и *c′*. Ртуть, поднятая в манометре выкачиванием воздуха, начинала опускаться по мере проникания сквозь перепонку Haemanthus газа, заключенного в

трубке (*А*); от быстроты прохождения газа через перепонку зависела скорость опускания ртути в манометре. Сравнение времени, потребного для опускания в манометре ртути на определенную высоту, служило указанием проницаемости испытуемой перепонки для различных газов. *Мюллер* произвел опыты над прониканием водорода, кислорода, азота, атмосферного воздуха и углекислоты через перепонку, высушенную и смоченную водой.

В прилагаемой табличке сведены результаты его опытов.

Время прохождения равного объема газа

Название газа	Через влажную перепонку	Высушенную на воздухе	Высушенную в эксикаторе
Водород	1	1,0	1,0
Кислород	$>^1/_5$	1,6	2,6
Азот	$>^1/_5$	1,3	3,3
Углекислота	$>^1/_7$	2	2,2

Из этих цифр видно влияние влажности перепонки на быстроту прохождения через нее газов; скорость проникания через влажную перепонку оказалась в зависимости от степени растворимости газов в воде; всего скорее проходила углекислота, медленнее остальных — водород; через перепонку, вполне высушенную, напротив того, с наибольшею скоростью проникал водород, с наименьшею — углекислота. Сравнив полученные цифры со скоростями, которые должны были обнаружить газы, если бы они проходили исключительно через диффузию или же вследствие одной растворимости газов в воде, *Мюллер* пришел к заключению, что они проникали через употребленную перепонку Haemanthus обоими способами.

Примечание. Для опытов необходимо брать кожицу молодых листьев Haemanthus. Свежеснятая кожица с листа, вполне развитого, оказалась совершенно непроницаемою для влажных газов; в одном из опытов ртуть удерживалась ею в манометре неподвижно на высоте 740 мм в продолжепие 24 часов; в другом – на высоте 730 мм в продолжение 60 часов [32].

Подобные опыты произвел *Бартелеми* [33] над прохождением газов через засохшие листья Begonia. Ссохшиеся листья были весьма тонки и, по указанию автора, состояли главным образом из кутикуляризованных слоев клеток кожицы. Газы пропускались через перепонку, натянутую на сквозную трубку; нижнею поверхностью перепонка лежала на пластинке гипса или на плотно натянутой кисее. Трубка, перевернутая перепонкой вниз, наполнялась ртутью и затем опрокидывалась над сосудом с ртутью в атмосфере испытуемого газа; по мере проникания газа сквозь перепонку в трубку ртуть понижалась; скорость понижения уровня ртути свидетельствовала о скорости прохождения газа. По опытам

[32] *Müller.* L. c., p. 181.
[33] *Barthelemy.* C. R. 77; 427 (1873). Его же: Ann. d. Sc. Nat. Ser. 5, t. 19, 131 (1874).

Бартелеми, сухая углекислота проходила через засушенный лист Begonia в 9—11 раз скорее азота, влажная в 13—15 раз скорее азота и в 6 раз быстрее кислорода; числа эти, сходные с получаемыми при посредстве каучуковой пластинки, не подходят к выводам *Мюллера*. Последние заслуживают, по моему мнению, больше доверия, так как в опытах *Мюллера* исследовалось проникание газов через содранную кожицу, между тем как в опытах *Бартелеми* уединяющею преградою служил цельный лист.

Сообщение и обмен газов (и паров воды) растения с окружающей атмосферой поддерживается, кроме устьиц, еще особенными образованиями — *чечевичками*, которыми нередко бывает усеяна поверхность ствола и ветвей. Этим именем обозначают местные разрастания пробковой ткани перидермы в небольшие вздутия, выдающиеся в виде выпуклин на поверхности растения. Рыхлая и тонкостенная ткань их пронизана межклетными ходами; от смежной пробковой ткани клетки чечевички резко отличаются округлою формою. О строении чечевичек см.: *De Bary*. Vegleichende Anatomie d. Vegetationsorgane, p. 575. В физиологическом отношении весьма интересно показание *Сталя*[34], что чечевички на зиму делаются непроницаемыми для газов через образование в них прослойки пробковой ткани. Весною под пробковым слоем образуется новая ткань чечевички, которая, разрастаясь, разрывает прикрывавшую ее пробковую ткань и восстанавливает таким образом на время вегетации открытый путь для обмена газов растения с атмосферой.

Выделение и поглощение воды воздушными частями растений

Рассмотрев пути сообщения газов (и паров воды) между растением и атмосферой, мне остается изложить исследования над характером и ходом их обмена. Главнейшие сведения об обмене газов были изложены мною в двух предыдущих главах, так что здесь я остановлюсь только на обмене воды между растениями и атмосферой при посредстве воздушных частей растения, преимущественно листьев. Обмен этот состоит главным образом в выделении воды в парообразном состоянии, т. е. в испарении воды растениями; сюда относятся исследования над выделением воды в капельно-жидком виде и поглощение ее листьями в парообразном и жидком состоянии.

Испарение воды растениями. Испарение воды растениями можно расследовать различными путями: 1) непосредственным взвешиванием воды, выделенной растением; 2) определением количества испаряемой воды из потери в весе аппарата с растением; 3) измерением всасывания воды растением и 4) одновременным определением воды, всосанной и выделенной в парообразном состоянии.

Первые исследования над испарением воды растением через непосредственное взвешивание воды, выделенной в парообразном состоянии, были

· *Stahl*. Bot. Zeit. 1873, p. 600.

произведены *Гетаром*[35] в XVIII столетии (в 1748 г.). Он вводил для этой цели ветви с листьями, оставленные в соединении с растением, в большие стеклянные шары. Испаряемая ветвью вода осаждалась в виде капель на внутренней стенке шара и стекала в нижнюю часть прибора. Непосредственным взвешиванием этой воды определялось испарение растения. Прием *Гетара* мало применяется в настоящее время, и из новейших исследователей воспользовался им только *Дегерен*[36].

Второй способ расследования испарения последовательными взвешиваниями аппарата с растением принадлежит, напротив того, к наиболее надежным и заслуживает преимущества перед остальными (за исключением четвертого). В первый раз он был употреблен *Гелесом*[37]. Горшок с землей и растением, предназначенным для опытов, помещают в цинковый сосуд с герметически закрывающеюся крышкою, в которой находятся три отверстия. Через одно из них пропускается стебель растения; остающийся промежуток заливают воском или лаком; в другие два отверстия вставляют по сквозной стеклянной трубочке; одна из трубочек служит для поливки почвы и во все остальное время остается замкнутой, другая, с оттянутым верхним концом, поддерживает через волосное отверстие сообщение воздуха прибора с атмосферой. Потеря в весе прибора с растениями, вызываемая исключительно испарением воды растением, служит точным указанием хода испарения.

Третий прием исследования испарения посредством определения количества воды, всасываемой растением, основан на обнаруженной зависимости всасывания от испарения; этим способом получают цифры, весьма близкие к искомым, несмотря на неизбежную погрешность, кроющуюся в самом методе исследования, именно в неполном соответствии количеств воды всасываемой и испаряемой. Различия всасывания и испарения воды, обнаруженные опытами, произведенными по четвертому способу, т. е. при одновременном определении всасывания и испарения воды, оказались, однако, настолько незначительными, что в большинстве случаев не влияют на результат опыта. Очень простой аппарат для измерения испарения посредством этого приема составил в последнее время *Крутицкий* (рис. 80): в коленчато-изогнутую трубочку (*A*) прикрепляется посредством пробки лист, отрезок ветки или цельное небольшое растение; другой конец трубочки соединен с плотно вставленною в него сифонообразною трубкою (*B*). Свободным концом сифон (*B*) вводится в поплавок (*C*) формы ареометра. Поплавок (*C*) состоит из цилиндрической градуированной трубки, к нижнему концу которой припаян полный стеклянный сосуд, составленный из двух вздутий, соединенных узкою трубкой; в нижнее вздутие наливается несколько ртути, вследствие чего поплавок плавает в воде цилиндра (*D*) в вертикальном положении. Трубочка (*A*), сифон (*B*) и верхняя трубка поплавка наполняются при начале опыта прокипяченною водою. Вода в поплавке наливается до нулевой черты нанесенных на нем делений. Поплавок должен быть так при-

[35] *Guettard.* Mém. d. l'Acad. d. Sciences d. Paris, 1748 и 1749.
[36] *Deherain.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 12, 5 (1869).
[37] *Hales.* Statique d. vegetaux, p. 4 (1735).

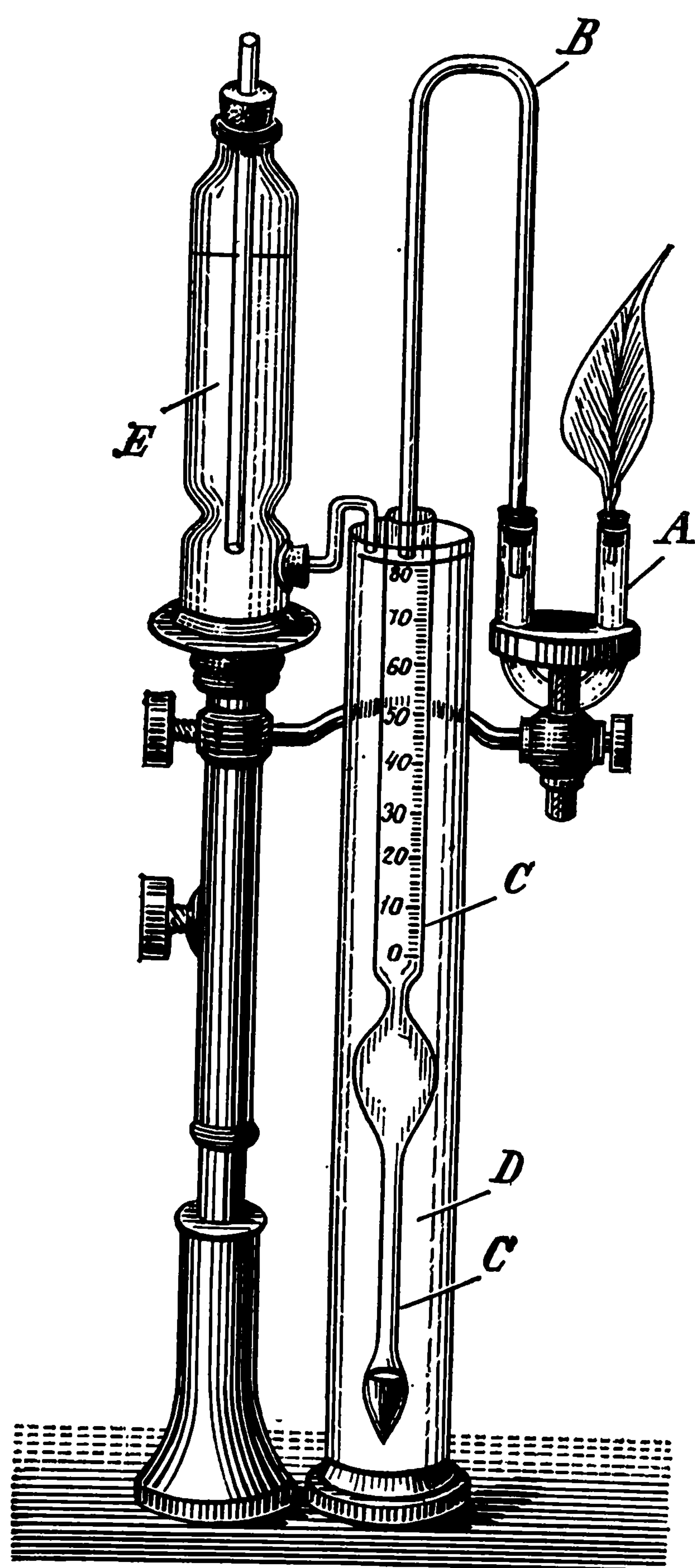


Рис. 80

лажен, чтобы после наполнения водою погружался до нулевой черты в воду цилиндра (D) и чтобы уровень воды в поплавке и в цилиндре (D) был одинаковый. При этом устанавливают на одной высоте уровень воды в поплавке и трубочке (A). Для восполнения потери воды из цилиндра (D) через испарение соединяют его с мариоттовой трубкой (E). Потерю воды испарением из поплавка устраняют, наливая на воду слой масла. Вода, испаряемая растением из трубочки (A), восполняется посредством сифона (B) из поплавка (C). Поплавок, делаясь легче по мере убыли воды, приподнимается из жидкости. По количеству выступивших из воды делений судят о количестве убывшей воды. Основанный на этом же принципе прибор описан *Крутицким* в Bot. Zeit. 1878, с. 161.

Последний способ, четвертый, применимый только к небольшим растениям, предложен был *Веском*[38]. Прибор, употребленный им для этой цели, имеет форму буквы U и составлен из двух частей различного диаметра. В широкую трубку (A) вставляется растение, удерживаемое неподвижно плотно вставленной каучуковой пробкою (рис. 81). До начала опыта прибор наполняют водою, вливая ее через узкое колено (B); наклонением прибора легко удается совершенно вытеснить водою воздух не только из широкой трубки, но и из сквозной стеклянной волосной трубочки (c), вставленной в пробку. Наполнив прибор и трубочку водой, запаивают верхний ее конец. Уровень воды в узкой трубке доводят до суженного места (a). Рядом последовательных взвешиваний определяют испарение, между тем как всасывание воды сказывается в уменьшении жидкости в узком колене прибора; его узнают с точностью, отсчитывая в градуированной бюретке объем воды, потребный для поднятия уровня воды в узком колене до первоначальной высоты, т. е. до суженного места трубки.

Независимо от способа расследования испарения необходимо при критической оценке опытов обращать внимание на то, произведены ли они

[38] *Vesque*. Ann. d. Sc. Nat. 6, t. 6, 201 (1877).

над цельными растениями, срезанными ветвями или отдельными листьями; только первые заслуживают полного доверия. Отсутствие корня и непосредственное всасывание жидкости отрезком или листом, различное от всасывания корнями, отражается на испарении. *Баранецкий*[39] наблюдал особенно сильное отклонение от нормального всасывания и испарения в первые часы опыта, чего не замечалось на цельных растениях. Весьма любопытные разницы в испарении цельных растений, веток и листьев получены *Крутицким.*

Небольшой экземпляр Ricinus communis с тремя листьями, еще не достигшими предельных размеров, был срезан у поверхности земли, и срезанная часть была помещена в вышеописанный аппарат. Один из листьев был снят со срезанной части и помещен в другой, подобный же аппарат. Через 24 часа растение с двумя листьями испарило (приняло) 18 см³ воды; отрезанный лист испарил 17,5 см³, т. е. почти столько же.

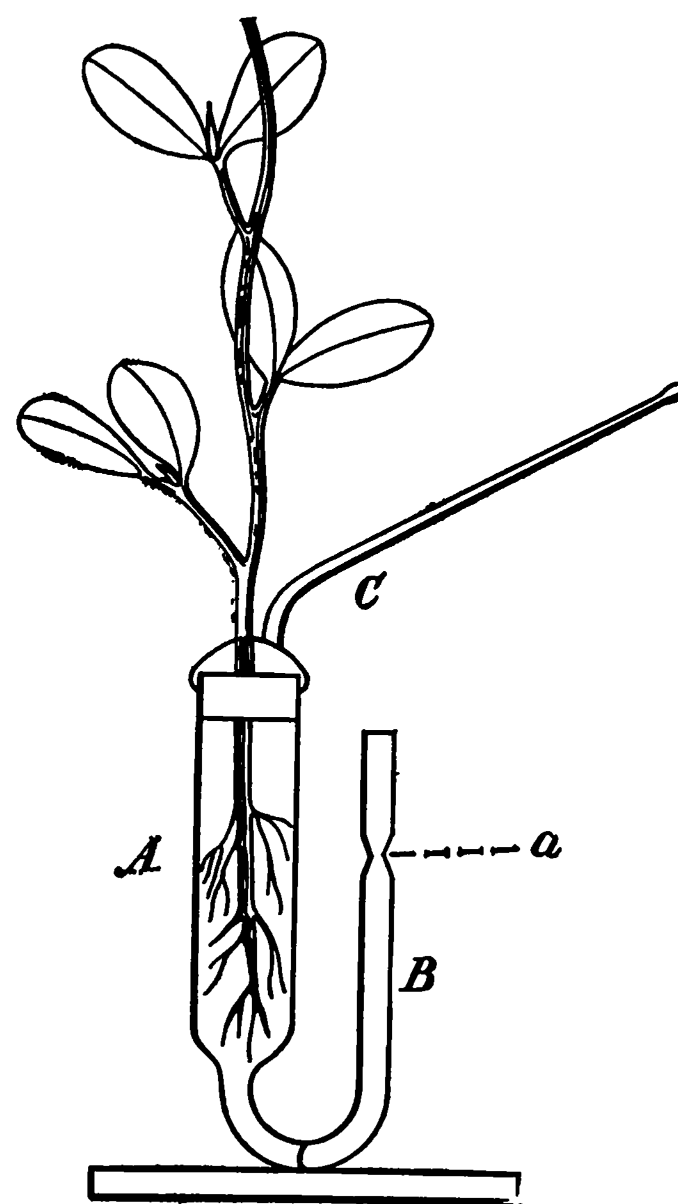


Рис. 81

Ветвь Cyssus antharcticus с шестью листьями испарила в сутки	10,8 см³ воды
Один лист Cyssus antharcticus испарил в сутки	10,6 » »
Ветвь Pelargonium sp. с тремя листьями испарила в сутки	3,3 » »
Один лист Pelargonium sp. испарил в сутки	5,2 » »
Ветвь Crataegus Oxyacantha с восьмью листьями (совершенно развитыми) испарила в сутки	8 » »
Ветвь Crataegus Oxyacantha с четырьмя листьями (совершенно развитыми) испарила в сутки	5,2 » »
Один лист Crataegus Oxyacantha испарил в сутки	4,9 » »
Восьмилетняя ветвь Quercus sp. с 180 листьями испарила в сутки	28,8 » »
Один лист Quercus sp. испарил в сутки	3,2 » »

Эти результаты особенно интересны в том отношении, что непосредственным образом убеждают в неправильности выводов касательно испарения цельных растений из опытов над испарением отдельного листа.

Руководствуясь этим приемом, *Унгер*[40] и *Лооз*[41] получили при перечислении воды, испаряемой отдельным листом, на цельное растение

[39] *Baranezki.* Bot. Zeit. 1872, p. 100 (в примечании).
[40] *Unger.* Anat. Physiol. d. Pflanzen. 1855.
[41] *Lawes.* Investigation into the amount of water given by Plants during their growth (цитата по Габерланду).

столь огромные цифры, что пришли к заключению, что количество испаряемой растениями воды гораздо больше выпадающего за время развития растения дождя, и утверждали поэтому, что для покрытия испаряемой воды растения пользуются, помимо атмосферных водных осадков, еще другим неизвестным источником воды. Некоторые исследователи приписывали поэтому почве способность сгущать водяные пары атмосферы. *Габерланд* и *Гёнель*, однако, показали, что это предположение совершенно неверно. *Габерланд* доказал для злаков, *Гёнель* для древесных пород, что количество воды, испаряемое цельными растениями, гораздо меньше вычисленного *Унгером* и *Лоозом* и не превышает количества падающего дождя.

Данные, полученные из опытов над отдельными растениями, перечисленные *Габерландом* на гектар поверхности земли, покрытый миллионом растений, дали следующие цифры:

для	гектара	ржи	равное	834 890	кг	воды
»	»	пшеницы	»	1 179 920	»	»
»	»	ячменя	»	1 236 710	»	»
»	»	овса	»	2 277 760	»	»

т. е. количества воды, равные высоте водяного слоя в 83,5; 118,0; 123,7 и 227,8 мм.

NB. Об исследованиях *Гёнеля* см. ниже.

В испарении воды листьями прежние физиологи (например, *Шлейден*) видели процесс физический, ничем не отличающийся от испарения воды в открытом сосуде. *Сакс*[42] первый указал на неправильность такого взгляда и определил испарение воды растениями как сложнейшую функцию растений, в которой не только отражаются внешние влияния, но и все процессы, происходящие внутри растения. Последующие исследователи подтвердили заключение *Сакса*. Первые сравнительные опыты над испарением воды из открытого сосуда и из растения были произведены *Унгером*[43]; он уже показал, что бóльшая часть растений испаряет воду меньше, чем свободная поверхность воды, в среднем приблизительно в 3 раза. Еще большею оказалась разница в опытах *Гартига*. Сравнительные опыты *Гартига*[44] над испарением воды листьями различных древесных пород и в открытом сосуде показали, что в последнем случае испарялось приблизительно в 10 раз большее количество воды.

Поверхность воды в 1 м² испаряла в 24 часа	2000	см³	воды
Поверхность листьев бука в 1 м² испаряла в 24 часа	210	»	»
Поверхность игл ели в 1 м² испаряла в 24 часа	200	»	»
Поверхность листьев дуба в 1 м² испаряла в 24 часа	280	»	»
Поверхность игл сосны в 1 м² испаряла в 24 часа	230	»	»

[42] *Sachs*. Land. Vers. 1, 240 (1859).
[43] *Unger*. Sitzungsb. Wien. Ak. 44, p. 207 (1861).
[44] *Hartig*. Allgem. Forst- u. Jahdzeitung, 1878, p. 1 (Jahresb. Agric. Chem. 1879, p. 231).

С другой стороны, по определениям *Мазюра*[45], Xeranthemum bracteatum испаряло больше, чем соответствующая поверхность воды; даже ночью, когда испарение растения уменьшилось в 10 раз против дневного, оно испаряло в 4 раза больше воды, чем рядом стоявший открытый сосуд с водою. Показание *Мазюра* требует, однако, проверки, так как все другие исследованные растения испаряли гораздо меньше, чем открытая поверхность воды.

Ввиду сложности процесса испарения я изложу в последовательном порядке сперва разыскания над связью испарения с другими жизненными отправлениями растений, а затем влияние на испарение внешних деятелей.

Связь испарения с формою растений. Первые точные опыты *Гелеса* уже обнаружили, что различные растения, поставленные в совершенно одинаковые условия, испаряют различное количество воды.

Испарение определялось рядом последовательных взвешиваний растений с горшками, в которых они выращивались. Горшки были взяты из глазурованной глины и закрывались плотно свинцовыми крышками с отверстиями для пропускания стебля растения и для поливки почвы; последние открывались только при смачивании земли водою. Испарение воды боковою стенкою горшка определялось особо, по окончании опыта. Кроме количества испаряемой воды, *Гелес*[46] измерял испаряющую поверхность листьев растений, взятых для опыта; полученные результаты выражены им в виде частных из деления числа кубических сантиметров испаряемой воды на число квадратных сантиметров испаряющей поверхности; частное это выражает в сантиметрах толщину слоя воды, которым бы листья оказались покрытыми, если бы выделенная вода осталась в жидком виде на их поверхности.

Выраженные *Гелесом* в унциях количества испаряемой воды, перечисленные *Дегереном* на граммы, приведены в прилагаемой табличке.

	Поверхность листьев, см^2	Количество воды, испаряемой за 12 часов, г	Отношения количества воды, выделенной испарением, к испаряющей поверхности листа
Helianthus annus	35 100	220	$^1/_{165}$
Brassica	17 100	209	$^1/_{85}$
Vitis	11 375	60,5	$^1/_{191}$
Pyrus Malus	9 833	99,0	$^1/_{109}$
Citrus aurantiaca	15 974	113,3	$^1/_{128}$

Гелес нашел, кроме того, что деревья с вечнозелеными листьями испаряют меньше воды, чем древесные породы с листьями, ежегодно опадающими.

---

[45] *Masure.* Annales agronom. 6, 441 (1880). (Jahresb. Agric. Chem. 1880; 262).
[46] *Hales.* Statique d. végétaux, 1735 (французский перевод).

Последний вывод был подтвержден *Гартигом* [47] и *Гёнелем* [48].

Сравнив испарение ольхи, бука и ели, *Гартиг* нашел, что ольха с листовою поверхностью в 21 квадратный фут и бук — в 95 квадратных футов испарили воды больше ели, хвои которой занимали поверхность 225 квадратных футов.

Примечание. См. также сравнительную табличку *Гартига* над испарением воды древесными породами; полученные цифры не согласуются с числами *Гёнеля;* отдавая преимущество опытам *Гёнеля*, я приведу только цифры последнего. По *Гёнелю*, 100 г сухого вещества листьев лиственных пород испаряют в год 48 476 г воды, 100 г сухой хвои испаряют в год 4814 г воды.

Обстоятельные указания на количество воды, испаряемой различными древесными породами при условиях культуры, по возможности одинаковых, в почве, почти насыщенной водою, сопоставлены *Гёнелем* [49] в следующей табличке. На 100 г листвы, высушенной на воздухе, в 1880 г. от 1 апреля до конца октября испарили:

Fraxinus excelsior	101 850 г воды	Acer platanoides	61 180 г воды
Betula alba	91 800 » »	Quercus cerris	49 220 » »
Fagus sylvatica	91 380 » »	Pinus sylvestris	14 020 » »
Carpinus Betulus	87 170 » »	Pinus picea	12 105 » »
Ulmus campestris	82 280 » »	Abies excelsa	9 380 » »
Acer montanum	70 380 » »	Pinus pinaster	7 005 » »
Quercus robur	69 150 » »		

Из других результатов *Гёнеля* следующие заслуживают еще особенного внимания: 1) из сравнения количеств испаряемой растениями воды и падающего дождя выяснилось, что, несмотря на условия, весьма благоприятные для испарения, выделяемая растениями вода с избытком покрывалась выпавшим за то время дождем; 2) экземпляры одного и того же вида растений, выросшие в тени, полутени и на свету, испаряли приблизительно одинаковое количество воды [50].

На 100 частей высушенных на воздухе листьев

	Испаряли средним числом			
	Все экземпляры, вместе взятые	Выросшие в тени	Выросшие в полутени	Выросшие на солнце
Лиственные породы (71)	78 900	94 350	88 783	62 683
Вечнозеленые (22)	13 488	13 289	16 383	12 281
Лиственница (2)	114 868	—	104 407	125 310

В приложенной табличке чрезвычайно наглядно выразилось, кроме того, приблизительное равенство испарения растений, выращенных в тени, полутени и на солнце. Этот неожиданный результат выяснился в

[47] *Hartig.* Allgem. Forst- u. Jagdzeitung v. Heyer, 1860; 257. (Agric. Chem. 1860, 155).
[48] *Höhnel.* См.: Wollny Forschungen etc. 2, 398 (1878).
[49] *Höhnel.* См.: Wollny Forschungen 4, 439 и 458 (1881).
[50] *Höhnel.* L. c., p. 464.

настоящее время, как увидим ниже,. сравнительными микроскопическими исследованиями строения листьев экземпляров растений, выросших в вышеназванных различных условиях.

Примечание. Определения испарения различными растениями, произведенные *Марие-Дави*[51] и *Гозеусом*[52], не заслуживают внимания, так как у первого относительно сравниваемых растений обозначены лишь высота стебля; в опытах последнего растения выращивались в почвах различного состава, следовательно, находились в условиях, непригодных для сравнения.

Связь испарения с возрастом органа. Зависимость испарения растений от возраста была расследована *Флейшманом*[53], *Дегереном*[54], *Кнопом*[55], *Мюллером*[56], *Эдером*[57], *Габерландом*[58] и *Гёнелем*[59]. Определения *Флейшмана*, по которым старые листья хмеля испаряют более молодых, не заслуживают внимания вследствие несовершенства употребленного приема расследования; поэтому неудивительно, что выводы его находятся в противоречии со всеми последующими работами. Наиболее полные и совершенные из всех известных мне работ принадлежат *Габерланду* и *Гёнелю*. *Габерланд* нашел[60], что при одинаковой поверхности молодые листья злаков испаряют больше воды, чем вполне выросшие.

Название растений		Число дней периода	Среднее количество воды, испаряемой в день 100 см² листовой поверхности, г	Листовая поверхность, см	Количество воды, испаряемой одним растением, г	Количество воды, испаряемой одним растением за все время, г
Пшеница:	1-й период	25	5,136	111,6	143,30	
	2-й »	25	2,802	427,6	299,50	1179,22
	3-й »	40	2,657	693,55	737,12	
Рожь:	1-й »	25	3,765	114,2	107,50	
	2-й »	25	2,611	414,0	270,22	834,89
	3-й »	35	2,172	601,4	457,17	
Ячмень:	1-й »	25	5,212	157,6	205,35	
	2-й »	25	3,273	477,3	390,55	1236,71
	3-й »	35	2,898	631,8	640,81	
Овес:	1-й »	25	3,272	378,5	309,60	
	2-й »	25	2,438	1148,0	699,70	2276,76
	3-й »	45	2,288	1132,0	1268,46	

[51] *Marié-Davy*. Journ. d. Agric. prat. 1869; 2; 234. (Jahresb. Agric. Chem. 1869, p. 270).
[52] *Hosaeus*. Annal. d. Landwirthsch. 54, 250. (Jahresb. Agric. Chem. 1869, p. 271).
[53] *Fleischmann*. Land. Vers. 9, 178 (1867).
[54] *Deherain*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 12, 2 (1869).
[55] *Knop*. Land. Vers. 6, 248 (1864).
[56] *Müller*. Bot. Unters, p. 155.
[57] *Eder*. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 72 1 Abth., p. 3131 (1875).
[58] *Haberlandt*. Land. Jahrbüch. 5, 84 (1876).
[59] *Höhnel*. Forschungen a. d. Gebiete d. Agric. Chem. v. Wollny. 1; 315 (1878).
[60] *Haberlandt*. Land. Jahrbüch, 5, 84 (1876).

Разница в испарении листьев различного возраста ясно выражена цифрами 3-й графы таблицы; в графах 4, 5 и 6-й приведены данные относительно изменения с возрастом растения испаряющей листовой поверхности и количества испаряемой воды. *Габерланд* указывает, между прочим, на одну из причин более сильного испарения воды молодыми листьями, именно на преобладание в первый период разрастания хлебных растений развития корней; из приводимых ниже цифр весьма ясно выступает эта разница при сравнении веса сухого вещества корней и надземных частей [61]. Она выражается следующими отношениями.

	В молодом	В среднем	В выросшем растении
Для пшеницы отношение веса корня к надземным частям растения равняется	1 : 0,673	1 : 4,943	1 : 10,471
Для ржи	1 : 1,075	1 : 7,171	1 : 12,288
Для ячменя	1 : 1,100	1 : 6,242	1 : 14,556
Для овса	1 : 1,208	1 : 4,319	1 : 16,914

Возрастающею несоразмерностью всасывающего аппарата (корня) сравнительно с испаряющею листовою поверхностью весьма естественно, по крайней мере отчасти, объясняется полученный результат.

По исследованиям *Гёнеля*, испарение воды листом изменяется совершенно своеобразным образом с возрастом листа: наибольшее испарение оказалось в распускающихся листьях; с возрастом испарение убывало; начиная с известной стадии развития вновь обнаруживалось его возрастание; достигнув через некоторое время второго максимума, гораздо меньшего, однако, чем первый, испарение затем вторично уменьшалось постепенно, до отмирания листа.

Примечание. К этому же выводу пришел еще раньше *Мюллер*, но только после работы *Гёнеля* можно считать его вполне доказанным.

Гёнель получил эти результаты следующими двумя путями: бóльшая часть опытов была произведена над листьями, отрезанными с прилегающим междоузлием стебля. Нижним концом отрезок был погружен в пробирку с водою, замкнутую пробкой для задержания испарения воды. Свободный верхний конец отрезка был залит воском. Подобные аппараты с листьями различного возраста были поставлены в рассеянный дневной свет. Испарение определялось из потери в весе аппаратов; полученные числа были перечислены на 10 часов и 100 см^2 листовой поверхности.

Результаты различных опытов оказались чрезвычайно согласны между собою; тем не менее *Гёнель* проверил их еще другим способом на листьях различного возраста, оставленных в соединении с растением.

---

[61] *Haberlandt*. L. c., p. 81.

Для определения количества воды, испаряемой отдельным листом, каждый лист был пропущен в опрокинутую дном кверху склянку; склянка закрывалась снизу пробкою с тремя отверстиями; в среднее плотно защемлялся черешок листа, через два других были пропущены коленчато-изогнутые трубки, из которых одна заканчивалась на уровне пробки, а другая доходила до дна склянки. Все сосуды, заключавшие по одному листу, были соединены с общим аспиратором; на пути между каждою склянкой и аспиратором помещалась трубочка с хлористым кальцием; привес трубочки в конце опыта служил указанием на количество воды, испаряемой листом в соответствующей склянке. Полученные вышеуказанными путями числа сведены в прилагаемой табличке (см. с. 460). Все опыты, за исключением последних двух рядов, произведены по первому способу. Цифры в заголовке каждой графы обозначают стадию развития листа.

Гёнель объясняет колебания в испарении воды, обусловленные возрастом листа, следующими соображениями: в распускающемся листе испарение воды происходит исключительно через кутикулу, так как устьица оказываются в это время еще неразвитыми. По мере развития листа кутикула утолщается и, делаясь постепенно менее проницаемою для воды, задерживает испарение. В обратном смысле влияют устьица: разрастаясь, они способствуют испарению; наступает время, когда преобладающим становится выделение воды через устьица. Пока кутикула еще молода, вода продолжает испаряться сквозь стенки клеток, хотя уже в количестве сравнительно гораздо менее значительном, чем вначале. По достижении листом окончательных размеров кутикула становится почти непроницаемою для воды: с этого времени выделение воды ограничивается, по *Гёнелю*, только устьицами и поэтому по достижении второго максимума постепенно начинает вновь убывать. О влиянии корней на различие испарения листьями *Гёнель* вовсе не упоминает; по-видимому, работа *Габерланда* осталась ему неизвестной.

Испарение верхней и нижней поверхностей листа. Исследований в этом направлении очень мало; наилучшие принадлежат *Гарро*[62]. Ближайшая задача его состояла в том, чтобы выяснить, насколько испарение зависит от числа устьиц; он определял испарение каждой из поверхностей листа особо и сравнивал с количеством находимых устьиц. Для этой цели испытуемый лист защемлялся в средней части между двумя одинаковыми по размерам стеклянными колпаками, которые были плотно приложены краями к верхней и нижней сторонам листа. В каждый сосуд помещалась чашка с хлористым кальцием. Привес чашки во время опыта служил указанием на количество воды, выделяемой соответствующею поверхностью листа. Нижняя сторона оказалась испаряющею сильнее, чем верхняя, хотя и не пропорционально числу устьиц обеих поверхностей, как видно из цифр, полученных *Гарро* (см. с. 461).

Результат *Гарро* касательно несоответствия числа устьиц с испарением воды верхнею и нижнею поверхностями одного и того же листа

---

[62] *Garreau*. Ann. d. Sc. Nat. S. 3, t. 13, 336 (1849).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Beta vulgaris										
Вес, г										
пластины	0,199	0,317	0,749	1,624	3,871	4,612	6,870	10,651	11,115	14,057
черешка	0	0	0	0	0,55	0,55	1,05	2,45	2,1	3,45
Поверхность, см²										
пластинки	14,4	22,4	54	115	207	251	338	424	432	514
черешка	0	0	0	0	7	8,1	12,2	20	21	31
Испарение, мг/г	17,8	17,3	40,4	60,7	170,6	237,8	260,2	265,6	277,7	329,3
Испарение, перечисленное на 1 час и 100 см² поверхности	123,6	77,2	74,7	52,8	81,2	94,7	77,0	62,7	64,2	64,0

Подобные же два максимума испарения получились и для остальных растений:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Испарение воды, перечисленное на 1 час времени и 100 см² поверхности, мг										
Brassica oleracea gongyloides	133,3	86	75	44	55,4	70	77,3	—	—	—
Cucurbita Pepo	52	31,4	23,6	26,9	35,8	29,9	30,2	33,5	—	—
Испарение воды, перечисленное на 100 часов и 100 см² поверхности, мг										
Juglans regia	675	508	483	412	436	566	—	—	—	
Ulmus campestris	870	362	318	320	302	433	467	—	—	—
Tilia parvifolia	135	102	96	104	118	115	94	—	—	—
Acer tataricum	676	188	250	405	496	—	—	—	—	—
Soia hispida	214	154	195	164	124	111	107	140	—	—
Philadelphus coronarius	973	535	387	352	313	272	211	325	313	331
Испарение воды, выраженное (в мг), перечислено на 1 г веса живого листа и на 10 часов										
Pelargonium coronarius	213	119	90	105	105	112	—	—	—	—
Delphinium Requiemi	385	266	281	279	—	—	—	—	—	—

	Поверхность	Число устьиц	Относительные количества испаряемой воды
Atropa Belladona	Верхняя	10	48
	Нижняя	55	60
Nicotiana rustica	Верхняя	15	57
	Нижняя	20	80
Dahlia variabilis	Верхняя	22	50
	Нижняя	30	100
Canna aethiopica	Верхняя	0	5
	Нижняя	25	35
Tilia Europaea	Верхняя	0	20
	Нижняя	60	49

был подтвержден *Унгером* [63]. Нижеследующие цифры, полученные *Унгером*, выражают это еще гораздо яснее, чем опыты *Гарро*.

Гёнель справедливо замечает, что прием, употребленный *Гарро* и *Унгером*, не совсем точен. *Гёнелю* удалось показать, что привес чашки с хлористым кальцием зависит в значительной степени от положения чашки относительно листа; чашка, помещенная в верхнем сосуде, вбирала меньше влаги, чем нижняя, вследствие того, что она обращена была к листу своим донышком; атмосфера оставалась более влажною и лист испарял в ней меньше. *Гёнель* убедился, что опыты с одним и тем же листом дали разные результаты, смотря по тому, был ли испытуемый лист обращен вниз верхнею или нижнею стороною [64].

Название растения	Число устьиц на 1 мм² поверхностей листа		Относительные количества воды, испаряемой поверхностью листа	
	верхней	нижней	верхней	нижней
Fuchsia fulgens	0	200	1	8,0
Nicotiana Tabacum	100	207	1	4,3
Entelea arborescens	0	227	1	6,4
Begonia manicata	0	47	1	15,6
Ficus elastica	0	207	1	14,5
Aucuba japonica	0	145	1	40,0
Saxijraga ligulata	0	166	1	6,0
Richardia aethiopica	42	62	1	12,9
Hydrangea hortensis	0	124	1	8,3
Helianthus annus	207	250	1	1,25
Brassica Rapa	373	726	1	2,4

[63] *Unger*. Sitzungsb. Wien. Ak. B. 44; 2 Abth., p. 331 (1861).
[64] *Höhnel*. L. c., p. 318.

Позднейшие работы *Дегерена*[65], *Едера*[66] и *Комеса*[67] еще менее точны, чем опыты *Гарро*. Исходя из теоретических соображений, *Дегерен* старается доказать полнейшее соответствие между испарением и разложением углекислоты листьями на свету. В подтверждение своего взгляда он приводит несколько опытов, из которых выводит заключение, что верхняя поверхность листа, разлагающая, как показал *Бусенго*, в большей части случаев углекислоту сильнее нижней, испаряет в то же время большее количество воды. Количество испаряемой воды определялось непосредственным взвешиванием воды, выделенной листом, у которого одна из сторон была покрыта коллодиумом. *Дегерен* получал большее испарение воды верхнею поверхностью листа, т. е. результат, диаметрально противоположный общепринятому и маловероятный. Опытам *Дегерена* нельзя придавать большого значения ввиду порчи листа, неизбежной от соприкосновения с коллодиумом. В опытах *Едера* испарение оказалось приблизительно пропорционально числу устьиц, следовательно, преобладало на нижней поверхности листа. *Комес* также нашел, что нижняя поверхность листа испаряет воду сильнее верхней; но и его работа не имеет решающего значения вследствие того, что испарение одной из сторон листа устранялось слоем воска или масла, весьма вредно действующих на лист, так что исследовался не нормальный, а поврежденный лист. Результаты, согласные с *Гарро* и *Комесом*, получил *Иос. Бусенго*[68]; из многих опытов он вывел, что среднее отношение между испарением верхней и нижней поверхностей листа равно 1 : 2,4; у некоторых растений (Syringa, Vitis, Helianthus tuberosus) разница получилась еще большая — 1 : 4,3.

Связь испарения с дыханием растений. Самонагревание растений вследствие усиленного дыхания, достигающее, как мы видели, иногда очень значительной величины, уже ясно свидетельствует о влиянии дыхания на испарение. Не подлежит сомнению, что нагревшаяся часть растения выделяет в окружающую атмосферу значительно большее, против обыкновенного, количество паров воды. Самонагреванию, вызываемому дыханием, *Сакс*[69] приписал испарение воды растением в пространстве, насыщенном парами воды. Испытуемое растение было выращено в стеклянном сосуде с землею. Перед началом опыта сосуд с землею и корнями был наглухо закрыт крышкою и перенесен под стеклянный колпак в атмосферу, насыщенную парами воды. Рядом последовательных взвешиваний стеклянного сосуда с растением исследовалось испарение. *Сакс* предложил даже этот прием для определения самонагревания растений. Неизбежные колебания температуры, доходившие в опытах *Сакса* до 3,5° R, допускают, однако, совершенно другое толкование обнаруживаемого испарения. По опытам *Едера*[70], растения вовсе не испаряют воды

---

[65] *Deherain*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 12, 22 (1869).
[66] *Eder*. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 72, 1 Abth., p. 313 (1875).
[67] *Comes*. Реферат. См.: Bot. Zeit. 1879; p. 77 и Jahresb. Agric. Chem. 1879, p. 235.
[68] *J. Boussingault*. Ann. Chim. Phys. S. 5, t. 13, p. 289.
[69] *Sachs*. Sitzungsb. Wien. Ak. 26, 326 (1857).
[70] *Eder*. Sitzungsb. Wien. Ak. 72, 1 Abth. (Octob. 1875).

в атмосфере, насыщенной парами воды, если только тщательно устранить колебания температуры. Хотя по этому нельзя признать связи испарения с самонагреванием в том виде, как предложил *Сакс*, тем не менее влияние дыхания на испарение не может подлежать сомнению.

Связь испарения с ассимиляцией. Указания на связь испарения с ассимиляцией сделаны *Дегереном* и *Сорауером*. *Дегерен*[71] утверждает, что испарение возрастает и убывает пропорционально ассимиляции углекислоты и, подобно последней, обусловливается преимущественно светом, в особенности желтыми лучами, которые, по его мнению, наиболее способствуют разложению углекислоты зелеными частями. К сожалению, опыты *Дегерена* весьма несовершенны и неубедительны. Несравненно большее значение имеют расследования *Сорауера*[72]; в обширной работе над испарением растений он старается доказать, что испарение есть процесс физиологический, а не механический и совершенно отличный от испарения воды неодушевленными предметами. Испарение, по *Сорауеру*, зависит от строения растения, от количества и качества твердой его массы. Внешние деятели, по его мнению, не влияют на испарение, а изменяют его только потому, что управляют накоплением, распределением и составом твердого вещества в растении и через это видоизменяют испарение; эти деятели влияют, следовательно, на испарение лишь посредственно. В числе доказательств он приводит несколько сравнительных опытов над усвоением твердого вещества растением и испарением. Объектами для исследования служили выращенные из семян маленькие яблони и грушевые деревья; взвешиванием растений с почвою, в которой они выращивались, определялось испарение воды, а из сравнения веса растения в начале и в конце опыта сказывалась прибыль в весе живого растения[73]. Для опытов были взяты молоденькие деревца груши и яблони.

На каждый грамм прибыли в весе свежего растения:

грушевое дерево испаряло	49,8 г воды
яблоня: разновидность А	63,5 » »
разновидность В	64,8 » »

Совершенно определенное отношение оказалось также между количеством образованного твердого вещества и испаряемой воды.

На каждый грамм новообразованного сухого вещества:

грушевое дерево испаряло	136,96 г воды
яблоня: разновидность А	169,24 » »
разновидность В	171,9 » »

Этот результат подтвердился сравнением количеств воды, испаряемой квадратным сантиметром листовой поверхности груши и яблони:

грушевое дерево выделяло во время опыта	0,676 г воды
яблоня: разновидность А » »	0,729 » »
разновидность В » »	0,735 » »

[71] *Deherain*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 12, p. 17 (1869).
[72] *Sorauer*. См.: Wollny Forschungen etc. 3, p. 366 (1880).
[73] *Sorauer*. L. s., p. 366, 368 и 369.

т. е. яблоня (обе разновидности) теряла при одинаковой листовой поверхности больше воды, чем грушевое дерево.

Разница в отношении количества воды, испаряемой при усвоении грамма сухого вещества, подтвердилась и сравнительными опытами над грушею и яблонями более развитыми. При этом выяснилось еще, что более развитое растение испаряет на каждый грамм усвоенного твердого вещества большее количество воды, чем проростки той же разновидности.

Соотношение между привесом живого растения и испарением подтвердилось также при сортировке исследованных растений в две группы по количеству выделенной ими в парообразном состоянии воды. Из целого ряда опытов над грушевым деревом, яблоней, кленом и виноградной лозой выяснилось, что из растений одного и того же вида и возраста при одинаковых условиях культуры наибольшее количество воды испаряли те, которые всего более увеличивались в весе. На основании этих опытов *Сорауер* считает, по-видимому, прибыль в весе живого растения наиболее верным мерилом испарения; даже зависимость испарения от величины испаряющей поверхности листьев у него как бы отступает на второй план; по крайней мере, иногда ему удавалось замечать значительные отклонения от этого правила и наблюдать более значительное испарение у растений с меньшею испаряющею поверхностью.

Прибыль органического вещества в растении влияет, по *Сорауеру*, на испарение не непосредственно, а только тем, что накопляется материал для дыхания, соразмерно которому возрастает или спадает испарение [74]. При этом он замечает, что из его слов вовсе не следует, чтобы испаряемая вода представляла исключительно продукт окисления органических соединений при дыхании; вместе с нею выделяется несомненно, по его мнению, и вода, проникшая в растение из почвы через корни. Связь испарения с ассимиляцией (и дыханием) *Сорауер* объясняет зависимостью обеих функций от совокупности жизненных отправлений растения.

Связь испарения со всасыванием воды из почвы корнями. Уже *Гелесу* удалось показать теснейшую связь между испарением и всасыванием воды растениями, но и ему были известны случаи неполного их соответствия. Так, например, погруженное корнями в воду дерево груши испарило в продолжение 12 часов 15 фунтов 8 унций воды, между тем как всосало корнями только 15 фунтов [75].

Подобную же зависимость всасывания от испарения воды обнаружили и срезанные ветви: 1) две одинаковые ветви хмеля были погружены *Гелесом* в воду срезанным концом; с одной из них сняты были все листья и этим уменьшено ее испарение; обезлиственная ветвь всосала в продолжение 12 часов всего $^3/_4$ унции воды, между тем как ветвь с листьями приняла в себя 4 унции воды; 2) ветвь яблони в 3 фута длины была прикреплена срезанным концом к нижнему отверстию стеклянной вертикальной трубки, в которую был налит столб воды в 9 футов

[74] L. c., p. 47.
[75] *Hales.* Statique d. vegetaux, p. 24 (1735).

высоты. Уровень воды в трубке понижался под влиянием испарения ветвью на 3 фута в час. Два часа спустя ветвь была разрезана на две части; небольшой отрезок ее, свободный от листьев, был оставлен в соединении с трубкою; остальная часть ветви, покрытая листьями, была погружена срезанным концом в сосуд с водою. Ветвь с листьями всосала в себя в продолжение 30 часов 18 унций воды, между тем как через отрезок ее, оставленный в соединении с трубкою, протекло всего 6 унций воды, несмотря на давление на него сверху столба воды в 7 футов высоты [76].

Весьма удобный и простой прибор, предложенный *Веском* [77] для изучения соотношения между всасыванием воды растением и испарением, описан выше; уменьшение в весе прибора обнаруживает количество испаряемой воды, между тем как о количестве воды, всасываемой растением, можно судить по объему воды, убывшей из узкого колена прибора. Числа эти, зависящие в значительной степени от внешних влияний, оказывались вполне равными, если последние оставались продолжительное время одинаковыми; напротив того, они разнились значительно, если менялись условия опыта. Разница удерживалась некоторое время, пока вновь не восстанавливалось равновесие. Главная задача *Веска* состояла в том, чтобы проследить изменение этих величин при вариации внешних условий: при перенесении растения в атмосферу, насыщенную парами воды, всасывание преобладало в первое время над испарением, затем оно постепенно спадало и соответственно испарению совершенно прекращалось. Усиленное всасывание корнями, превышающее испарение, удавалось *Веску* вызывать, оставляя корни некоторое время без воды [78]. Показание же *Веска* [79] относительно преобладания в совершенно сухом воздухе испарения над всасыванием, имевшее следствием отмирание растения, требует еще проверки, так как объектом для опыта служил боб, перед самым началом опыта пересаженный из почвы в воду, следовательно, не вполне нормальный.

Кроме перечисленных причин внутренних, обусловленных организацией растения, влияют на испарение внешние причины: а) температура среды, окружающей испаряющие органы растения; б) свет; в) влажность атмосферы; г) влажность и состав почвы и д) сотрясения растения. Вследствие большого числа причин, которыми обусловливается испарение воды растением, определение связи испарения с каждым из них в отдельности представляет большие затруднения. Этим и отчасти способностью приспособления растений к внешним условиям (см. ниже) объясняется неопределенность результатов касательно зависимости испарения от каждой из внешних причин в отдельности.

Влияние температуры на испарение совершенно не выяснено; не подлежит сомнению, что растение, нагретое больше окружающего воздуха, должно испарять вследствие этого некоторое количество воды; величина

[76] *Hales.* L. c., p. 35.
[77] *Vesque.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 6; 169 и 201 (1878).
[78] *Vesque.* L.c., p. 211.
[79] *Vesque.* L. c., p. 218.

потери воды, причиняемая изменением температуры растения, еще совершенно не определена.

По опытам *Сорауера* [80], влияние температуры на испарение настолько замаскировывается иногда другими влияниями, что не только не наблюдается соответствия испарения с суточными колебаниями температуры, но и с изменениями, обнимающими более долгий (двухмесячный) промежуток времени. Объектами для исследования температуры служили проростки сливы, выращенные из семян в песке, смоченном водою до насыщения. Температура и влажность воздуха определялись по три раза в сутки. Начало опыта (1 июня) совпало со временем окончательного развития первого побега проростков; новых листьев более не образовалось, так что до конца опыта (до 26 июля) испаряющая поверхность растеньиц оставалась неизменною. Еженедельные определения количества воды, испаряемой в семидневный срок, не обнаружили никакого соответствия ни с температурою, ни с влажностью воздуха. Подобный же результат получился из наблюдений над растениями, перешедшими уже в состояние зимнего покоя; неоднократно удавалось даже наблюдать усиление испарения во время понижения температуры воздуха; в последнем случае приобретали, следовательно, перевес над испарением другие влияния; по замечанию *Сорауера*, это случалось, когда погода из пасмурной делалась ясною и выступало солнце. Преобладающее влияние на испарение *Сорауер* приписывает свету.

Действие света на испарение. В большинстве случаев растение, непосредственно освещенное солнцем, испаряет больше, чем в рассеянном свете, а в последнем сильнее, чем в темноте; но в то же время имеются указания на несомненные уклонения от этого правила, которые свидетельствуют о большей сложности наблюдаемых явлений, чем можно было бы предполагать с первого взгляда. Воззрения ученых на ближайшие причины, обусловливающие усиление испарения в растении на свету, чрезвычайно различны: по мнению одних (*Едер* [81]), световые лучи не влияют непосредственно на испарение; возрастание испарения растения, выставленного на солнце, они рассматривают как неизбежное следствие нагревания растения солнцем; другие (*Дегерен, Виснер, Сорауер, Баранецкий, Ноббе*), напротив того, принимают непосредственное влияние световых лучей солнца на испарение. *Сорауер* и *Дегерен* (см. выше) предполагают даже теснейшее соответствие испарения с ассимиляцией. *Баранецкий* объясняет, напротив того, усиление испарения растений на свету непосредственным раздражением растения светом и, основываясь на наблюдениях *Унгера* и *Моля*, объясняет возрастание испарения раскрытием устьиц под влиянием света.

Он заметил [82] также изменение в испарении при внезапном перенесении растения из света в темноту и обратно, по его мнению, обусловливаемое раздражением растения светом. При замене света темнотой

---

[80] *Sorauer*. См.: Wollny Forschungen, 3, 356 (1880).
[81] *Eder*. Sitzungsb. Wien. Ak. 72, 1 Abth. p. 370 (1875).
[82] Ib., p. 101.

испарение тотчас настолько быстро спадало, что в первое время оно оказывалось в темноте меньшим, чем впоследствии, несмотря на то что условия опыта оставались неизменными; внезапным освещением растения, остававшегося в темноте, удавалось немедленно усиливать испарение, но опять выше нормы, которая устанавливалась на свету только по прошествии определенного промежутка времени. Наблюдения эти требуют, однако, еще проверки; приведенные *Баранецким* числовые данные очень малочисленны и разницы в величине испарения малы.

Результаты *Баранецкого* затемняются еще тем, что действие света оказалось, однако, не во всех опытах одинаковым; он приводит целые ряды наблюдений, где попеременное (кратковременное) затенение и освещение растения вовсе почти не отражались на испарении или вызывали даже более усиленное выделение воды в темноте, чем на свету.

Меньшее испарение на свету обнаружила одна из тыкв, выращенных в горшках, и одна ветвь Broussonetia papyrifera. Замечательно, что другие совершенно сходные экземпляры этих растений испаряли, напротив того, на свете сильнее, чем в темноте, и *Баранецкому*[83], несмотря на все старания, не удалось разгадать причины столь различного влияния света на растения одного и того же вида, по-видимому, ничем не различающиеся между собою.

С показаниями *Баранецкого* не вполне согласны выводы *Виснера*: заменяя темноту светом, он получал, как и *Баранецкий*, вначале более сильное испарение, чем впоследствии; то же самое замечалось при замене источника света более сильным. При перенесении же растения из света в темноту получился результат, не согласованный с опытами *Баранецкого*. По *Виснеру*, испарение не только не спадало ниже нормы, но оставалось в первое время значительно выше ее.

Влияние света на испарение растений *Виснер* изучал частью при помощи дневного, частью газового света; последний оказался более пригодным ввиду возможности производить ряды опытов в свете постоянной напряженности.

Наибольший интерес представляют результаты, полученные *Виснером* касательно связи поглощения света хлорофиллом и испарением. Сравнивая испарение воды на свете проростков этиолированных и зеленых, он нашел весьма значительную разницу; зеленые проростки, одинаковые по размерам с этиолированными, испаряли гораздо большее количество воды[84] (см. с. 468).

Влияние света на испарение оказалось тем большим, чем значительнее было в листе содержание хлорофилла. Этот результат удалось *Виснеру* подтвердить рядом последовательных определений количеств воды, испаряемой этиолированным проростком после перенесения его на свет; испарение воды, вначале незначительное, усиливалось по мере зеленения проростка. При сравнении испарения двух проростков, из которых один был только несколькими часами раньше выставлен на свет и успел

[83] *Baranetzki*. Bot. Zeit. 1872, p. 103.
[84] *Wiesner*. Sitzungsb. Wien. Ak. 74, 154 (1876).

Три зеленых маиса испарили в первый получас на солнце	335 мг воды
Три зеленых маиса испарили в следующие 2 часа на солнце	156 » » в час
Три этиолированных маиса испарили в первый получас на солнце	41 » »
Три этиолированных маиса испарили в следующие 2 часа на солнце	40 » » в час
Отношение количеств воды, испаряемой зелеными маисами в рассеянном свете и на солнце, равнялось	1 : 3,9
Отношение количеств воды, испаряемой этиолированными маисами в рассеянном свете и на солнце, равнялось	1 : 1,7

уже позеленеть, получилось то же самое; проросток, раньше выставленный на свет, испарял значительно большее количество воды.

На основании вышеизложенных опытов *Виснер* пришел к заключению, что усиленное испарение зеленых частей растений обусловливается присутствием в них хлорофилла. Хлорофилл превращает, по мнению *Виснера*, часть поглощенных световых лучей в лучи меньшей преломляемости, в темные тепловые, которые нагревают внутренние части растения, увеличивают давление паров воды в межклетных ходах и этим усиливают выделение их через устьица. *Виснер*[85] подтвердил это положение опытами над испарением растений в различных частях спектра и в окрашенных смешанных цветах:

3 маиса испаряли в красной полосе спектра	136 мг воды в час
3 маиса испаряли в желто-оранжевой полосе спектра	122 » » »
3 маиса испаряли в синей полосе спектра	146 » » »
3 маиса испаряли в ультрафиолетовой полосе спектра	70 » » »
3 маиса испаряли в темноте	62 » » »
В смешанном окрашенном свете, за цветными жидкостями, получились следующие цифры:	
маис испарял в белом свете	187 мг в час
» » желтом » (за раствором двухромокислого калия)	121 » »
маис испарял в синем свете (за раствором окиси меди в аммиаке)	134 » »
маис испарял в зеленом свете (за раствором хлорофилла в спирте или эфире)	117 » »
маис испарял в темноте	100 » »

Цифры эти обнаружили, согласно ожиданию *Виснера*, соответствие между степенью поглощения лучей света хлорофиллом и влиянием их на испарение; лучи, наиболее поглощаемые хлорофиллом, вызывали наибольшее испарение. Изменению размеров щели устьиц *Виснер* приписывает лишь незначительное влияние на испарение; в подтверждение свое-

[85] *Wiesner*. L. c., p. 167.

го взгляда он приводит, что маис испарял в одном из опытов много воды, хотя устьица его оставались закрытыми на свете; с другой стороны, у Hartwigia comosa были найдены им устьица в темноте раскрытыми.

См. ответную заметку *Дегерена* в: Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 4, 177 (1876).

Судя по реферату работы *Комеса,* помещенному в Just Jahresb. 1879, p. 226, этот исследователь пришел к заключению, одинаковому с *Виснером.* Он также настаивает на связи между поглощением лучей света хлорофиллом и испарением и рассматривает усиление испарения от света как следствие превращения световых лучей в тепловые, которыми увеличивается упругость паров воды в растении и вызывается выделение их наружи.

Примечание. Опыты *Ноббе*[86] касательно влияния света белого и окрашенного на испарение ольхи, выращенной в водном растворе, не дали определенного результата.

Влажность атмосферы бесспорно имеет влияние на испарение; одним из наглядных доказательств может служить отсутствие испарения или уменьшение его до минимума в атмосфере, насыщенной парами воды. По наблюдениям *Унгера*[87], Ricinus, заключенный в пространстве, почти насыщенном парами воды, испарял в 10 раз меньше другого экземпляра, оставленного в атмосфере, влажность которого равнялась 91,5%. Влажность атмосферы, однако, не настолько заправляет испарением, чтобы между ними замечалось постоянное соответствие; нередко другие влияния пересиливают и испарение меняется не соответственно влажности.

Влияние влажности почвы на испарение столь же мало подлежит сомнению. Любопытные наблюдения произвели *Сакс*, *Бургерштейн*, *Сорауер* и *Веск* касательно влияния солей в жидкости, окружающей корни.

К сожалению, результаты, ими полученные, не вполне согласны. Первые опыты над влиянием составных частей почвы на испарение листьями принадлежат *Сенебье*; он заметил, что прибавление в небольшом количестве минеральных кислот (серной, хлористоводородной, азотной) к воде усиливало испарение погруженной в нее нижним концом срезанной ветви. *Сакс* наблюдал то же самое на цельных растениях при поливке почвы водою, слегка подкисленною этими кислотами; для упрощения условий опыта *Сакс* проверил этот факт на растениях, погруженных корнями в воду. Результат получился сходный. От прибавления к воде, окружавшей корни, щелочи испарение, напротив того, задерживалось и было значительно слабее, чем в дистиллированной воде.

Задерживание испарения обнаружилось в опытах *Сакса* при погружении корней в раствор селитры, сернокислого аммиака, гипса и хлористо-

---

[86] *Nobbe.* Land. Vers. 26, 354 (1883).
[87] *Unger.* Sitzungsb. Wien. Ak. 44, 203 (1861).

го натрия, взятых каждый в отдельности или в смеси между собою, из чего *Сакс* заключил, что соли во всякой пропорции задерживают испарение.

Проверяя опыты *Сакса*[88], *Бургерштейн*[89] подтвердил показания касательно влияния кислот и щелочей на испарение, но пришел к другому заключению относительно влияния отдельных солей и их полной смеси. По *Бургерштейну*, растворы селитры, азотнокислого кальция, кислого фосфорнокислого калия, углекислого калия, азотнокислого аммиака, сернокислого аммиака, сернокислого магния, хлористого натрия, прибавленные к воде в очень малом количестве каждый в отдельности, усиливают испарение; при известной большой концентрации влияние соли более не обнаруживалось, а при дальнейшем прибавлении соли испарение замедлялось. В противоположность отдельным солям питательная смесь, начиная с самого незначительного содержания, уменьшала испарение. Подобное действие обнаруживали, по *Бургерштейну*, и смеси двух питательных солей; смесь двух солей нередко уменьшала испарение при такой концентрации, при которой каждая из солей смеси, взятая в отдельности, увеличивала испарение. Следующий пример показывает это очень наглядно.

Маис выделял в дистиллированной воде на 100 г сухого вещества в 71 час	887 мг воды
В 0,2%-ном растворе селитры	1374 » »
В 0,2%-ном растворе сернокислого магния	1448 » »
В 0,2%-ном растворе обеих солей	572 » »

Замечательно, что и соли, непригодные для питания растений (хлористый натрий, хлористый литий, хлористый барий, борнокислый натрий), не обнаружили никакого определенного действия на испарение.

Результаты *Бургерштейна* были все подтверждены *Сорауером*[90], за исключением одного: по опытам *Сорауера*, полная (нормальная) смесь питательных солей действует на испарение подобно отдельно взятым солям; ему удавалось получать и при посредстве ее усиление испарения при концентрации, гораздо меньшей той, которую употреблял *Бургерштейн*.

Веск[91] объясняет различие во всасывании растениями воды и раствора солей совершенно иным образом. По его мнению, растение, поставленное в обыкновенные условия, т. е. не нуждавшееся до начала опыта в минеральных солях, всасывает больше чистой воды, чем раствора солей; напротив того, растение, оставленное некоторое время в дистиллированной воде, всасывает больше раствора солей, чем чистой воды. Различие во всасывании воды и раствора солей оказывалось тем значи-

---

[88] *Sachs.* Land. Vers. 1, 203 (1859).
[89] *Burgerstein.* Sitzungsb. Wien. Ak., 73, 1 Abth. 191 и 78; 1 Abth. (1878).
[90] *Sorauer.* См.: Wollny Forschungen etc. 3, 487 (1880).
[91] *Vesque.* Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 9, p. (1880).

тельнее, чем концентрированнее был взятый раствор солей. *Веск* не заметил, кроме того, разницы во всасывании растением раствора одной соли или полной (нормальной) смеси солей.

Дальнейшим исследованиям предстоит выяснить эти различные показания.

Влияние сотрясений растения на испарение доказано *Баранецким*[92]. При последовательных взвешиваниях растения с целью исследовать испарение он заметил значительные колебания в количестве выделенной воды, несмотря на то что условия опыта оставались без перемены. Если взвешивания производились через различные промежутки времени, то бóльшую потерю воды обнаруживали растения, оставленные более долгое время в покое. Специальные опыты, предпринятые с целью выяснить, не влияют ли на испарение сотрясения растений, неизбежные при перенесении их на чашку весов и обратно, состояли в следующем: одно и то же растение взвешивалось через одинаковые промежутки времени; между двумя последовательными взвешиваниями оно было оставляемо в покое или же намеренно подвергалось сильным и продолжительным сотрясениям. Сотрясения обусловливали заметное усиление испарения, и разница в весе растения за период времени, когда растение подвергалось сотрясениям, значительно превышала испарение в период покоя. Влияние сотрясений сказывалось в последующий период покоя в значительном упадке испарения.

Из прилагаемой таблички[93] ясно видны полученные результаты.

Inula Helenium

Время наблюдений (Утра, ч мин)		Испарившаяся вода, г	Температура, °С	Влажность воздуха, %
7 40				
8 10	Покой	0,50	22,10	76
8 40	»	0,52	22,20	76
9 10	Сотрясение	0,68	22,37	76
9 40	Покой	0,47	22,52	76
10 10	»	0,55	22,67	77
10 40	»	0,54	22,92	76
11 10	Сотрясение	0,59	23,15	76
11 40	Покой	0,45	23,32	75
12 10	»	0,52	23,42	76

[92] *Baranetzki*. Bot. Zeit. 1872, N 6, p. 82.
[93] *Baranetzki*. L. c., p. 84.

Растение подвергалось быстрым и сильным толчкам, которые моментально отражались на испарении; взвешивание растения до и после толчков, продолжавшихся менее секунды, уже обнаруживало значительную разницу в весе; второй толчок действовал слабее, а после третьего убыли в весе и вовсе уже не обнаруживалось.

Время наблюдений	Испарившаяся вода, г	Температура,	Влажность воздуха, %
11 ч — мин утра 11 » 30 » » } покой	0,82	21,90	70
Растение подвергнуто сотрясению и немедленно взвешено	0,50	21,90	70
11 ч 30 мин утра 12 » — » ». } покой	0,72	22,10	70
После 1-го сотрясения	0,12	22,10	70
» 2-го »	0,06	22,10	70
» 3-го »	0,00	22,10	70

Совершенно иное действие производили на растение едва заметные сотрясения, неизбежные при самом осторожном взвешивании. От иных испарение не увеличивалось, а уменьшалось. Наблюдая растения, из которых одно взвешивалось по возможности осторожно, через короткие промежутки времени, а другое оставалось в покое, *Баранецкий* находил более сильное испарение у последнего. Он полагает возможным объяснить эти факты тем, что слабые сотрясения действуют не моментально, но изменяют внутреннее состояние растения постепенно таким образом, что испарение постепенно уменьшается, пока не достигнет минимума, соответствующего производимому раздражению; по мнению *Баранецкого*, причина уменьшения испарения кроется во временном уменьшении отверстия устьиц. Если затем растение, подвергнутое многократному слабому сотрясению, оставить долгое время в покое, то оно оправляется и, раскрыв вновь устьица, обнаруживает более сильное испарение.

На основании этих опытов *Баранецкий* признает двоякого рода влияние сотрясений на испарение растений: 1) сильные толчки вызывают *моментально* значительное увеличение испарения, в особенности первый толчок; 2) слабые, едва заметные толчки действуют исподволь и в противоположность предыдущим уменьшают испарение на продолжительное время.

Приспособления растений, которыми регулируется испарение при различных внешних условиях. Изучение влияния каждого из внешних деятелей на испарение растений значительно затрудняется способностью их приспособляться к окружающей обстановке и удерживать испарение в известных пределах при весьма различных внешних условиях. Приспособление растения достигается отчасти взаимодействием их различных физиологических отправлений, в некоторых же случаях, кроме того, из-

менением в строении, направленном, очевидно, к тому, чтобы приспособить растение к новой обстановке, отличной от прежней.

Подобного рода приспособления могут быть весьма разнообразны; из известных главнейшие сводятся к следующим.

1. Замыкание устьиц в том случае, если испарение столь сильно, что грозит завяданием растения; исследование микроскопом показывает, что в завядающем растении устьица совершенно закрыты.

2. Охлаждение растения, вызываемое испарением на солнце, непосредственным следствием которого является уменьшение испарения.

3. Уменьшение испарения по мере убыли воды в испаряющем растении.

Весьма наглядное доказательство уравновешивания испарения растением сообразно с его потребностями представляют следущие опыты *Гартига*[94]: на нескольких стволах веймутовой сосны (Pinus strobus) в 25 футов высоты он сделал по круговой вырезке коры. Деревья продолжали расти и образовали новые побеги. Четыре года спустя *Гартиг* исследовал один из этих стволов на содержание воды и нашел:

в корнях	62% воды
в основании ствола	57 » »
в месте вырезки коры	12 » »
на высоте 1 фута над вырезкой	52 » »
» » 4 » » »	55 » »
» » 16 » » »	61 » »

Корни и вершина содержали столько же воды, как цельные, нормально растущие сосны. Ввиду необыкновенно малого содержания воды в месте вырезки коры *Гартиг* предположил, что нормальное содержание ее в частях выше вырезки обусловливалось уменьшенным испарением этих частей. Для этого он ввел в марте месяце, до распускания почек, в два стеклянных шара концы ветвей двух экземпляров сосны, из которых один был цельный, а другой с круговою вырезкой коры. В шаре, надвинутом на ветви цельной сосны, уже через полчаса внутренние стенки покрылись осевшими каплями воды, между тем как шар, окружавший ветвь сосны с вырезкой коры, в продолжение трех дней оставался совершенно сухим.

4. Увеличение испарения листьями, вызываемое срезыванием с растения части листьев; оставленные на растении листья начинают испарять сильнее при тех же самых внешних условиях.

Предлагаемая табличка, заимствованная у *Гартига*[95], может служить подтверждением этого положения. *Гартиг* произвел ряд сравнительных определений над испарением выращенных в горшках пятилетних елей, с которых он снимал определенное количество хвои.

---

[94] *Hartig*. Bot. Zeit. 1861, p. 21.

[95] *Hartig*. Allgem. Forst- u. Jahdzeitung, 1878, p. 1. (Jahresb. Agric. Chem. 1879, p. 231).

Количество хвои	Число игл	Поверхность хвои, м^2	Ежедневное испарение	
			растения	1 м^2 листовой поверхности
Ель со всеми иглами	27 500	0,29	78,5	270
» 0,6 прежнего числа	16 700	0,18	41,1	272
» 0,3 » »	7 700	0,08	33,8	460
» 0,1 » »	2 500	0,03	18,2	607

Числа эти могут служить, однако, только приблизительным указанием на возрастание испарения игл ели по мере уменьшения их числа; при отрывании игл обнажались внутренние ткани и вызывалось испарение воды из пораненных мест; последние, по всему вероятию, в значительной мере содействовали испарению. Значительное усиление испарения оказалось только при оставлении 0,3 прежнего числа игл; 0,4 всего количества не вызывало еще более деятельного испарения листьями. К сожалению, мы не имеем данных для определения степени участия пораненных мест в испарении.

Сорауер[96] также утверждает, что при уменьшении испаряющей поверхности растения срезыванием части листьев усиливается испарение листьев, оставленных на растении. Можно достичь, по показанию *Сорауера*, того, что два растения одинакового происхождения и возраста и выращенные в совершенно одинаковых условиях будут испарять равное количество воды даже в том случае, если испаряющую поверхность одного из них уменьшить наполовину через срезывание листьев. Результат этот достигается, однако, только в том случае, если будут срезаны нижние, старые листья, а не молодые. На испарение старыми листьями удаление части листьев остается без влияния. В подтверждение этого вывода приведены *Сорауером* несколько опытов, которые хотя и говорят в его пользу, но не безусловно доказательны.

5. Изменение строения и размеров листьев под влиянием внешних условий. Первые указания на подобные изменения были сделаны *Гёнелем*; сравнительные определения количества воды, испаряемой экземплярами одного и того вида растения, выросшими в тени и на солнце, дали против ожидания цифры весьма близкие, между тем как в то же время обнаружилось, что одно и то же растение испаряет на солнце гораздо больше, чем в тени.

Специальные микроскопические расследования над различием строения листьев растений, выросших на солнце и в тени, были произведены *Сталем*[97]. Ему удалось обнаружить весьма резкие отличия, в особенно-

---

[96] *Sorauer*. См.: Wollny Forsch. 3, 457 (1880).
[97] *Stahl*. Bot. Zeit. 1880, 868. Его же: Ueb. d. Einfluss d. sonnigen u. schattigen Standortes a. d. Ausbildung d. Laubblätter (1883). Separatabdruck. a. d. Zeitschrift f. Naturwissenschaft. XVI; N. F. IX, 1. 2.

сти у некоторых растений, как в размерах, так и в строении. Особенно замечательными оказались уклонения в развитии листовой паренхимы. Листья растений тенистых мест (Oxalis acetosella, Mercurialis annua, Dentaria bulbifera, папоротников) состояли почти исключительно из ветвистых клеток губчатой паренхимы, вытянутых в плоскости листа; слой палисадовой паренхимы был в них едва обозначен. Совершенно иное строение обнаружили листья растений, произрастающих на открытых местах и непосредственно освещаемых солнцем (Peucedanum cervaria, Linosyris vulgaris, Galium verum и др.); они во всей толщине состояли почти исключительно из клеток палисадовой паренхимы. На основании целого ряда наблюдений *Сталь* полагает, что палисадовые клетки представляют форму клеток, наиболее приспособленную к сильному свету, а клетки губчатой паренхимы — к свету слабому.

Интересное подтверждение представили в этом отношении листья большей части древесных пород, в особенности бука. Листья, развившиеся на солнце, отличались резко размерами и строением от листьев, выросших в тени. Листья затененные были всегда значительно больше, но в то же время и тоньше листьев, непосредственно освещенных солнцем.

Особенно поразительное различие представилось при сравнительном исследовании поперечных разрезов листьев бука под микроскопом: пластинка листа, выросшего на солнце, превосходила приблизительно в 3 раза толщиною лист затененный и почти исключительно была построена из палисадовых клеток; под верхней кожицей число слоев их доходило до трех; слой подобных же клеток граничил и с нижнею кожицей. Затененные листья бука состояли почти исключительно из ветвистых клеток губчатой паренхимы; клетки единственного слоя палисадовых клеток имели воронкообразную форму. Между этими двумя типами оказались во множестве формы переходные, обусловленные различием освещения.

Кроме паренхимы, различие в строении и развитии обнаружилось в кутикуле, кожице, гиподерме и межклетных пространствах. Из них я упомяну здесь только о наиболее существенном по отношению к испарению различии — о развитии кутикулы; листья, выросшие на солнце, имели кутикулу несравненно более толстую, чем листья затененные. По всему вероятию, более сильным развитием кутикулы в связи с меньшею испаряющею поверхностью обусловливается преимущественно открытое *Гёнелем* уравновешивание испарения листьями растений, выросших на свете и в тени.

Периодичность в испарении растений годовая и суточная. Периодичное колебание в испарении соответственно временам года было замечено при самом начале исследований над испарением растений. На годовую периодичность указал уже *Гетар*.

По опытам *Гетара* [98], кипарис испарял в продолжение 6 летних дней больше воды, чем в цельный зимний месяц. *Гартиг* [99] также нашел, что

[98] *Guettard*. L. c., p. 291.

[99] *Hartig*. Allgem. Forst- u. Jahdzeitung v. Heyer 1860; 251. (Jahresb. Agric. Chem. 1860, 155).

испарение ели зимою очень незначительно, хотя и продолжается непрерывно, не прекращаясь даже в сильные морозы. Испарение при температурах ниже нуля наблюдали также *Виснер* и *Пахер*[100] у Aesculus Hippocastanum, *Бургерштейн*[101] у Taxus. Более энергичное испарение елью летом сравнительно с зимою также непосредственно было определено *Гартигом*[102]. Ель, имевшая листовую испаряющую поверхность, равную 0,32 $м^2$, и выращиваемая в горшке испаряла:

в середине декабря	в сутки	50 $см^3$	при температуре	7–9° C
» » января	»	70	»	»
» начале февраля	»	80	»	» 5–7 »
» конце »	»	80	»	»
» начале апреля	»	90	»	» 9–10 »
» » июля	»	110	»	» 18–24 »
» конце »	»	150	»	»

Суточная периодичность в испарении не подлежит сомнению; днем на солнце растения испаряют значительно больше, чем ночью. Часы максимума испарения не определены еще, однако, с достаточною определенностью. *Гартиг* наблюдал максимум испарения в последние часы утра до полудня; *Унгер*[103], *Комес*[104] — между 12 и 2 часами пополудни; по *Сорауеру*[105], он приходится между 9 часами утра и 3 часами пополудни.

Различие испарения в различные часы дня и ночи обусловливается преимущественно изменениями внешних условий; остается пока только еще не решенным вопрос о существовании суточной периодичности, обусловленной внутренними причинами, кроющимися в организации растения; для некоторых отправлений растительных организмов (например, для всасывания воды корнями, для передвижения частей растения из дневного положения в ночное и обратно) подобная суточная периодичность, удерживаемая растением более или менее продолжительное время вопреки внешним влияниям, несомненно доказана. Поэтому проявление суточной периодичности испарения, независимой от внешних причин, не представляется невозможною. Точных же указаний на ее существование не имеется; сделанные в этом направлении попытки (*Баранецкого, Едера* и др.) дали пока отрицательный результат.

Выделение воды воздушными частями растений в капельно-жидком виде

Выделение воды воздушными частями растений в капельно-жидком виде наблюдается сравнительно редко и представляет в большей части случаев как бы дополнительный процесс к испарению растений. Оно мо-

[100] *Wiesner u. Pacher.* Oester. Bot. Zeit. 1875, N 5; p. 9. (Just. Jahresb. 1875, p. 767).
[101] *Burgerstein.* Ib.
[102] *Hartig.* Allgem. Forst- und Jagdzeitung, 1878; 1. (Jahresb. Agric. Chem. 1879; 232).
[103] *Unger.* Sitzungsb. Wien. Ak. B. 44; 2 Abth. p. 217 (1861).
[104] *Comes.* Bot. Zeit. 1879, p. 77.
[105] *Sorauer.* См.: Wollny Forschungen etc. 4; 361 (1880).

жет быть обусловлено различными причинами; чаще всего оно вызывается накоплением в растении воды, избыток которой выделяется кнаружи по каплям из случайно разорванных мест или же из особенных отверстий — водных пор.

Примечание. С выделением воды вследствие обозначенной причины не надо смешивать случаи выделения и скопления воды в различных частях растений, обусловленные совершенно иными обстоятельствами. Сюда относятся: 1) образование капель жидкости в нектариях растений, происходящее иногда с такою силою, что вода падает на землю в виде мелкого дождя; 2) накопление водянистого экскрета в урночках Nepenthes; 3) переполнение водою углублений, образуемых основаниями листьев со стеблем у Dipsacus Fullonum и некоторых Bromeliaceae, и, наконец, 4) стекание по каплям воды с листьев крапивы и других растений.

Образование капель на поверхностных нектариях растений обусловливается, по опытам *Вильсона* [106], эндосмозом воды из смежной с нектарием ткани.

Своеобразные явления вытекания сока, отличные от описанных, наблюдаются иногда у липы и Calliandra Saman. В 1855 г. *Унгер* [107] наблюдал в одном из францисканских монастырей в Вене появление на листьях липы слоя густой, сиропообразной жидкости, которая стекала с них каплями и выделялась не только старыми листьями, но и молодыми побегами. Весьма обильное выделение жидкости описывает тоже *Бусенго* [108]: «21 июля 1869 г. на одной из лип Либфрауенберга было замечено сахаристое выделение (манна), покрывавшее верхнюю поверхность листьев; 22 утром выделение было столь обильно, что жидкость стекала на почву большими каплями, образуя дождь из манны; к 3-м часам пополудни на листьях, освещенных солнцем, стекание манны прекратилось; при этом она настолько затвердела, что не прилипала более к пальцам; она походила на прозрачный и гибкий лак; в тени вновь делалась тягучею».

Подобные выделения наблюдал *Эрнст* [109] в Венецуеле в апреле у Calliandra Saman. Дерево имело ствол в 15 дюймов в поперечнике и сильно развитую вершину (корону). Оно было покрыто в это время совершенно молодыми листочками, из которых выделялась жидкость, падавшая на почву в виде мельчайшего дождя. Дождик этот не прекращался даже в самую сухую погоду и настолько смачивал почву, что она постоянно была влажною. По описанию *Эрнста*, жидкость выделялась желёзками, которые покрывали нижнюю поверхность листьев. Вытекание воды продолжалось и на срезанных ветвях, погруженных нижним концом в воду; утром на желёзках были капли воды, которые возобновлялись по удалении жидкости пропускною бумагой.

Выделение водянистого сока в урнах Nepenthes производится, по всему вероятию, исключительно желёзками, которыми покрыта внутренняя стенка полости, как было выяснено уже в главе II.

Относительно скопления воды в углублениях между стеблем и основаниями листьев Dipsacus Fullonum произведены любопытные разыскания *Бартелеми* [110]. На растении в 1,6 м высоты Бартелеми насчитал 15 резервуаров, из которых ему удалось собрать до 280 г воды. Количество воды одного растения доходило при благоприятных условиях до 300 и даже до 350 г. Жидкость эта, вначале светлая, совершенно прозрачная и не заключавшая ничего, кроме небольшого количества двууглекислых солей и глинозема, со временем мутилась, делаясь тягучею; к этому времени оказались в ней моллюски, травяные вши и различные другие насекомые, нередко перешедшие уже в разложение. *Роже,* расследовавший первый жидкость резервуаров Dipsacus, принял ее за продукт выделения самого растения. При этом взгляде казалось возможным отнести Dipsacus к насекомоядным растениям. *Барте-*

---

[106] См.: *Pfeffer*. Physiol. 1, 176 (1881).
[107] *Unger*. Sitzungsb. Wien. Ak. 25, 450 (1857).
[108] *Boussingault*. Agron. Chim. agric. etc. 5, 33 (1874).
[109] *Ernst*. Bot. Zeit. 1876, 35.
[110] *Barthelemy*. Ann. d. Sc. Nat. S. 6, t. 7, 340 (1878).

леми, напротив того, вполне ясно показал, что наполняющая водовместилища жидкость есть дождевая вода. На растениях, защищенных от дождя, вовсе не появлялось жидкости, и они оставались совершенно сухими. После дождя во всех Dipsacus резервуары оказывались переполненными водою. В то же время *Бартелеми* показал, что эта вода, не имея значения питательной жидкости, способствует росту и развитию растения и боковых цветочных побегов. Экземпляры Dipsacus, устраненные от дождя навесом, достигали лишь $^1/_3$—$^1/_4$ нормальной величины и не образовали цветочных побегов.

Подобные же резервуары с водою *Бартелеми* нашел в бананах, в сем. Bromeliaceae, именно в Aechmea fulgens, Tillandsia splendeus и др. также в Ravenala madagascariensis.

Для наблюдения над стеканием воды с листьев крапивы (Urtica dioica) и некоторых других растений достаточно поставить срезанный побег нижним концом в воду; через некоторое время на концах некоторых листьев появляются капли, которые, достигнув известного размера, спадают с листа. Явление это, описанное *Арендтом* [111], обусловливается поднятием воды вверх по стеблю и листьям при посредстве волосков, покрывающих их поверхность. Достигнув основания черешка, вода подвигается вперед по долевой бороздке верхней его стороны, усеянной волосками, отсюда переходит на главный нерв листа и достигает через некоторое время его вершины. На вершине листа вода скопляется в виде значительной капли, спадает или же разливается по нервам верхней поверхности листа до последних их разветвлений. Еще более сильное капиллярное действие обнаружила Ballota nigra, также Leonurus cardiaca, Physalis Alkekengi; у других близких растений (Urtica urens, Galeobdolon luteum, Scrophularia vernalis) оно замечалось лишь в слабой степени или же совсем не проявлялось (Galeopsis Ladanum, G. Tetrahit, G. versicolor, Mentha sylvestris, M. aquatica, Stachys sylvatica и др.).

Выделение воды в капельно-жидком виде под влиянием давления жидкости, заключенной в растении, весьма легко наблюдать на проростках растений из различных семейств, в особенности Gramineae и Cruciferae. Для этого стоит только накрыть растение стеклянным колпаком, чтобы уменьшить испарение. Через некоторое время на листьях появляются капли жидкости, которые выходят кнаружи или через случайные разрывы тканей, например на листьях злаков, или через отверстия определенного строения — водные поры, которые представляют не что иное, как видоизмененные устьица [112].

К числу растений, выделяющих воду, относятся: Bambusa onitis, выделяющая, по *Бартелеми* [113], значительное количество воды ночью из концов листьев, и некоторые Aroideae. Последние представляют наиболее пригодный объект для исследования вытекания воды из листьев. *Рамей* [114] наблюдал обильное вытекание воды из листьев выращенного в горшке Amorphophallus Rivieri; всякий раз как почва поливалась водою, в июле, августе и сентябре, явление это удавалось вызывать во всякое время дня.

Над выделением воды листьями были произведены почти одновременно две работы *Унгером* и *Дюшартром*. *Унгер* утверждает, что у всех растений вытекание воды происходит без посредства особенных, для этой цели служащих отверстий; он счел ошибочным показание *Шмидта* отно-

---

[111] *Arendt.* Flora, 1843, p. 152.
[112] *De Bary.* Anatomie, 1877, p. 54 и 391.
[113] *Barthelemy.* C. R. 77, 1080 (1873).
[114] *Ramey.* Bullet. d. l. soc. Linnéenne 1874. (Jahresb. Agric. Chem. 16, 267, 1874).

сительно выделения воды из большого отверстия на вершине листа Colocasia antiquorum. Между тем *Дюшартру* удалось несомненным образом подтвердить присутствие больших отверстий у этого растения, выделяющих воду (см. ниже). Неверным оказалось и описание *Унгером* цилиндрических полостей, окаймляющих лист Colocasia, по которым стекает выделяемая вода. *Унгер* ошибочно принял их за чрезмерно разросшиеся спиральные сосуды.

Весьма интересны, напротив того, показания *Унгера* касательно количества и состава жидкости, выделяемой различными растениями. Richardia aethiopica выделила в 11 дней 26,5 г жидкости; другой экземпляр того же растения выделил в 10 дней 36 г жидкости. Удельный вес жидкости был найден следующий:

Richardia aethiopica	1,00053
Brassica cretica	1,0008
Zea Mays	1,0007
Colocasia antiquorum	1,0009

Жидкость получалась всегда светлая, прозрачная, как вода, и безвкусная.

По содержанию твердых веществ она оказалась различною у исследованных *Унгером* растений.

Название растения	Количество жидкости, г	Содержание твердых составных частей	Содержание сгораемых соединений	Содержание твердых составных частей в 10 000 частей жидкостей
Zea Mays	19,975	0,0100	0,0055	5,000
Richardia aethiopica	52,640	0,0036	0,0016	0,684
Colocasia antiquorum	7,122	0,004	0,0006	5,615
Brassica cretica	11,856	0,0121	0,0050	10,200

В жидкостях всех этих растений найдены были следы серной кислоты, фосфорной, хлора, калия, кремнекислоты, магнезии и извести [115]; последняя оказалась преобладающею между неорганическими соединениями.

По исследованиям *Дюшартра* [116], вода вытекает из листьев Colocasia antiquorum иногда ночью в таком изобилии, что образует на полу возле горшка большие лужи; вытекание продолжалось также в пасмурные дни. Вода выделялась вышеназванным растением исключительно из концов листьев. В этом месте пластинка листа является сильно утолщенною; на утолщении расположены отверстия, выделяющие воду; три из них обыкновенно настолько крупны, что отличимы простым глазом или лучше лупою. Под микроскопом каждое из них представляется округлым

---

[115] L. c., p. 126.

[116] *Duchartre*. Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 12, 267 (1859).

или овальным отверстием, окаймленным двумя вытянутыми по окружности отверстия клетками. Кроме этих больших пор, микроскопом открываются в большом количестве более мелкие отверстия различной величины и окруженные каждое двумя клетками; наиболее мелкие не отличаются по размерам и строению от обыкновенных устьиц, из чего следует, что водные поры Colocasia antiquorum не что иное, как сильно разросшиеся видоизмененные устьица. Выделяемая ими вода доставляется особенными межклетными каналами, которые, по *Дюшартру*, в числе трех окаймляют лист Colocasia по обоим краям.

Всасывание воды листьями

В этом вопросе следует отличить две части: всасывание воды капельно-жидкой и парообразной.

Первые точные исследования над отношением листьев к парам воды принадлежат *Унгеру* [117]. Он показал, что как свежие, так и завядающие отрезки растений продолжают убывать в весе в атмосфере, насыщенной парами воды, если только залепить воском срезанный конец. При этом полузавядшие отрезки принимали, несмотря на продолжающуюся потерю воды, опять свежий вид; листья их расправлялись и приобретали прежнюю тургесценцию. Потеря в весе ясно указывала на то, что причиной возвращения молодым частям отрезка свежего вида могло быть обусловлено лишь передвижением воды, заключенной в самом отрезке, из старых частей стебля в листья и нарастающую верхушку. Так, например, полузавядший отрезок Sparmannia africana, залепленный воском на срезанном конце, был перенесен в атмосферу, насыщенную парами воды; на следующий день листья его оправились и он принял нормальный, свежий вид. Отрезок оставался свежим в продолжение 15-дневного пребывания в атмосфере, насыщенной парами воды, несмотря на то что потерял за все это время 1,312 г воды, равной 17% своего веса. Сходный результат дали опыты над полузавядшими цельными растениями. Молодой экземпляр капусты был пересажен в горшок с землею; когда он оправился от пересадки, горшок с землею был вставлен в стеклянный сосуд, герметически закрытый крышкою с отверстием, сквозь которое был пропущен кверху стебель растения, плотно прижатый к краям отверстия. Когда почва настолько потеряла воды, что листья капусты начали завядать и опустились, весь прибор был поставлен под стеклянный колпак в атмосферу, насыщенную парами воды. Листья через некоторое время оправились, хотя растение продолжало терять воду через испарение даже ночью.

Заключения *Унгера* подтверждены изысканиями *Дюшартра* [118], *Прилье* [119] и *Кальете*.

---

[117] *Unger*. Sitzungsb. d. Wien. Ak. 9, 885 (1852).
[118] *Ducharte*. Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 15, 156 (1861).
[119] *Prillieux*. C. R. 71, 81 (1870).

Растения (Veronica Lindleyana, Hydrangea hortensis), выставленные *Дюшартром* в сильный туман, покрывались осевшею на них влагою; по снятии ее горшки с растениями весили столько же, как вечером перед наступлением тумана.

Примечание. Горшки с зёмлею, в которых были выращены подвергнутые туману растения, оставались во всех опытах *Дюшартра* погруженными в герметически закрытые стеклянные сосуды.

Прилье, подобно *Унгеру*, переносил в атмосферу, насыщенную парами воды, отрезки различных растений, залепив воском срезанный конец. Отрезки принимали свежий вид, продолжая терять воду испарением; в виде примера приведу опыты с отрезками Mercurialis annua и Parietaria officinalis. Отрезок Mercurialis настолько уже завял, что, после того как он был прикреплен серединой к штативу, оба конца его повисли вертикально вниз; побег весил в это время 3,85 г. На следующий день пребывания под колпаком в атмосфере, насыщенной парами воды, отрезок посвежел, а через два дня стебель занял вертикальное положение и листья приняли нормальный, свежий вид; растение весило теперь 3,77 г. Большой экземпляр Parietaria officinalis, завядший на солнце настолько, что верхняя часть стебля свесилась вертикально вниз, по перенесении в атмосферу, насыщенную парами воды, на третий день начал оправляться, а на четвертый стебель занял уже почти нормальное положение; листья поднялись кверху и сделались упругими и свежими, между тем растение продолжало терять в весе. Вес его в начале опыта равнялся 5,65 г, а в конце 4,78 г.

Относительно принятия листьями воды в капельно-жидком состоянии имеются показания совершенно противоречивые. *Дюшартр* [120] на основании многолетних, чрезвычайно тщательно веденных опытов совершенно отрицает всасывание воды растениями, между тем как *Кальете, Бем, Балион, Бусенго, Ланесан, Детмер, Мер, Чаплович* утверждают противное. В большей части опытов *Дюшартр* имел целью выяснить влияние росы на растительность и узнать, насколько роса может быть непосредственно поглощаема листьями. Из последовательных взвешиваний растений (Veronica Lindleyana, Callistephus hortensis, Fuchsia globosa и др.) с горшками, в которых они были выращены (см. выше примечание), оказалось, что после тщательного удаления обильной, осевшей на растение росы оно весило столько, как до росы, или даже несколько меньше. Не увеличивали своего веса под влиянием росы и завядающие растения. Fuchsia globosa, Veronica Lindleyana, Phlox docussata не принимали через воздушные части не только росы, но и дождя; их вес оставался без изменения или даже оказывался меньше, после того как они были оставлены некоторое время на дожде [121].

[120] *Duchartre.* Ann. d. Sc. Nat. S. 4, t. 15, p. 109 (1861).
[121] *Duchartre.* C. R. 50, 359 (1860).

Кальете[122] исследовал поглощение воды листьями иным приемом; оставленная в соединении с растением ветвь была пропущена в двугорлый стеклянный сосуд; промежуток между растением и стенкой горлышка был по возможности тщательно залеплен. Стеклянный сосуд был затем наполнен доверху водою, во второе отверстие вставлялась плотно при посредстве пробки сквозная узенькая стеклянная трубочка, и в сосуд настолько доливалось воды, чтобы, наполнив сосуд и часть трубки, она стояла в ней на известной высоте. Изменение уровня в трубочке служило указанием поглощения воды ветвью. *Кальете* нашел, что вода не всасывалась веткою только в том случае, когда почва, в которой находились корни растения, содержала много воды; всасывание воды обнаруживалось всякий раз, как почва была настолько суха, что листья начинали завядать. *Бем*[123] принимает поглощение воды листьями, основываясь на опытах с Phaseolus multiflorus; он сохранил отрезок стебля с первичными листьями, погружая один из листьев в воду. Кроме воды, по мнению *Бема*, листья могут всасывать и растворы солей.

Балиону[124] удалось сохранить живыми горох и бобы, снабжая их водою через листья. Выращенные в земле растения были оставлены без поливки, пока не начали завядать, и затем были погружены листьями в воду; листья местами смачивались водою, и растения вновь сделались свежими. Погружая по временам листья в воду, *Балион* поддерживал растения совершенно живыми, не поливая вовсе почвы.

Ланесан[125] наблюдал увеличение в весе завядших ветвей и листьев Lysimachia, Sedum и др. при погружении в воду. Побег Lysimachia Nummularia, не имевший побочных корней, весил 0,3 г; при погружении в воду он не изменил своего веса в продолжение 24 часов. При завядании на воздухе вес его уменьшился до 0,2 г; после 12-часового пребывания в воде вновь увеличился до 0,3 г. На основании этих опытов *Ланесан*, согласно с предыдущими исследователями, полагает, что вода непосредственно всасывается воздушными частями растений.

Подобные результаты получили *Детмер*[126], *Чаплович*[127], *Мер*[128], *И. Бусенго*[129]. Последний принимает, кроме того, поглощение листьями растворов солей; по крайней мере, капли слабых растворов (1 : 0,002 и 1 : 0,003) сернокислого калия, хлористого натрия и азотнокислого аммиака всасывались листьями целиком, не оставляя после себя никакого следа.

---

[122] *Cailletet.* C. R. 681, 73 (1871).
[123] *Boehm.* Tageblatt d. Versammlung d. Naturf. u. Aerzte in Hamburg. 1876. Beilage p. 114. (Jahresb. Agric. Chem. 1875–76, p. 246).
[124] *Baillon.* Bullet. d. l. soc. Linnéenne d. Paris, 1874. (Just. Jahresb. 1874, 756). Его же: Land. Vers. 20; 51 (1877).
[125] *Lanessan.* Bullet. d. l. Soc. Linnéenne d. Paris, 1874; Sitz. 2. Dec. (Bot. Zeit. 1875, p. 783).
[126] *Detmer.* См.: Wollny Forschungen etc. 1, 166.
[127] *Tschaplowitz.* Wiener Obst- u. Gartenzeitung 1878, 274. (Jahresb. Agric. Chem. 1878, p. 203).
[128] *Mer.* Bullet. d. l. Soc. bot. d. France, 25, N 2 (1878). (Just Jahresb. 1879, 222).
[129] *J. Boussingault.* Ann. Chim. Phys. S. 5, t. 13, 289 (1878).

Ввиду стольких положительных указаний вряд ли можно сомневаться во всасывании воды и растворов солей листьями; отрицательные результаты, полученные *Дюшартром*, являются тем более непонятным противоречием, что нельзя не признать опытов *Дюшартра* вполне точными и тщательно исполненными.

Главные результаты исследований над обменом веществ между растением в окружающей средой заключаются в следующем.

1. Корни вводят в растение неорганические соединения и воду из почвы молодыми частями, покрытыми живыми корневыми волосками. О выделении корней почти ничего не известно.

2. Листья производят обмен растения с атмосферой газами и водою. Главнейшие отправления их состоят: а) в обмене газов и б) в выделении в парообразном состоянии избытка воды, введенной в растение корнями.

3. Обмен газами и парами воды производится двумя путями: частично через устьица, частью диффузией через стенки поверхностных клеток растения.

4. Испарение воды растениями есть физиологический акт, тесно связанный с остальными функциями живого растительного организма и зависящий как от внутренних причин, кроющихся внутри растения, так и от внешних влияний.

5. Влияние каждого из внешних деятелей еще не вполне выяснено частью по разнообразию условий, от которых зависит испарение, частью же вследствие способности растения регулировать испарение вопреки изменяющимся внешним условиям посредством различных приспособлений, соединенных иногда даже с изменением в строении листьев.

6. Выделение капельно-жидкой воды воздушными частями растений оказалось весьма ничтожным сравнительно с выделением воды через испарение.

7. Растения (по крайней мере высшие) не могут всасывать и сгущать паров воды из атмосферы.

8. Касательно всасывания листьями капельно-жидкой воды имеются показания разноречивые.

II. ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ПО РАСТЕНИЯМ ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Передвижение газов в растениях

Исследования, изложенные в предыдущих главах, несомненно показали, что каждая живая растительная клетка изменяет беспрерывно состав окружающей атмосферы и притом, смотря по условиям опыта и характеру клетки, в различном направлении. В большинстве случаев растения поглощают из атмосферы кислород и выделяют углекислоту или же производят обмен газов, диаметрально противуположный. Пути обмена газов растения с окружающею атмосферою оказались у многих высших растений недостаточными для восстановления между ними равнове-

сия, беспрерывно нарушаемого разнообразными химическими процессами, происходящими внутри растения. В этом несомненно убеждают анализы газов, заключенных в полостях растений. О различии в составе газов некоторых водных растений было говорено уже выше. Столь же существенную разницу в составе обнаружили газы в некоторых сухопутных растениях. Газ, извлеченный *Шульцем*[130] из злаков и стеблей Rumex и Archangelica officinalis, состоял почти исключительно из азота с незначительною примесью (менее $^1/_2$%) углекислоты. По определению *Бусенго*[131], газ, вытянутый посредством воздушного насоса из бузины, имел состав, сходный с предыдущим, и разнился только несколько большим содержанием углекислоты.

По *Бартелеми*[132], газ, заключенный в полостях Pontederia и Typha, есть чистый азот. Газы, извлеченные из яблоков *Бендером*[133], состояли из 40,20% углекислоты, 59,37% азота и 0,43% кислорода. Молодые яблоки вовсе не содержали кислорода и заключали смесь газов из 31,07% углекислоты и 68,93% азота. Для извлечения газов яблоки, разрезанные предварительно на куски, были погружены в прокипяченную воду, которая затем нагревалась некоторое время до 60—100°; выделявшиеся газы, собранные над ртутью, были подвергнуты анализу.

Камиль С. Пиер и *Луциен Маньен*[134] исследовали газы, заключенные в плодах Colutea arborescens, и нашли меньше кислорода и больше углекислоты, чем в атмосферном воздухе. В других случаях разницы между газами растений и атмосферы не оказывалось. *Кноп*[135] постоянно находил в надземных частях растений состав газов, сходный с воздухом, в подземных — смесь газов, сходную с почвенною атмосферою, которая, как известно, отличается значительным (10%) содержанием углекислоты. К сожалению, в статье *Кнопа* не указано, какие растения он исследовал. *Ливаш*[136] утверждает также, что газы, заключенные в апельсинах, вишнях, крыжовнике и томатах, не отличаются по составу от атмосферного воздуха[2*]. Причина различия этих показаний остается пока невыясненною, и будущим исследованиям предстоит решить, обусловливается ли она несовершенством способа извлечения газов или особенностями растений, из которых извлекали газы. Приведенные данные несомненно указывают, что в некоторых по крайней мере случаях может удерживаться внутри растений смесь газов, весьма различная по составу от окружающей атмосферы. Эти факты оставались долгое время непонятными, так как на основании опытов *Гелеса* и *Сакса* принимали непосредственное сообщение всех воздушных полостей растения с атмосферой посредством устьиц. *Гелес*[137] заключил о непосредственном сооб-

[130] *Schulze.* Lehrb. d. Chem. f. Landwirthe. B. 1, 58.
[131] *Boussingault.* C. R. 60, 877 (1865).
[132] *Barthelemy.* Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19, 167 (1874).
[133] *Bender.* Ber. d. d. Chem. Ges. 1875, 112.
[134] *Camille. St. Pierre* et *Lucien Magnien.* Ann. d. Chim. Phys. S. 5, t. 9, 131 (1876). (Just. Jahresb. 1876, 893).
[135] *Knop.* Land. Vers. 1, 154 (1859).
[136] *Livache.* Ann. Chim. Phys., S. 5, t. 12, 429 (1877).
[137] *Hales.* Statique. d. vegetaux, p. 135 (1735).

щении сосудов с межклетными ходами коры и устьицами на основании следующего опыта: отрезок ветви был прикреплен наглухо посредством пробки в отверстие стеклянного колпака, примазанного к тарелке воздушного насоса пришлифованным краем (рис. 82). Верхний срезанный конец отрезка залеплялся воском; нижний был погружен в небольшой сосуд с водою. При выкачивании воздуха из-под колокола в разреженное пространство проникал внешний воздух через ветку и выделялся (по крайней мере частью) из нижнего срезанного конца ветки струйками в виде маленьких пузырьков. *Гелес* полагал, что пузырьки выделялись из сосудов древесины, и так как наружный воздух мог проникнуть в ветвь только через боковые ее стенки, то он и заключил о непосредственном сообщении сосудов с межклетниками (и устьицами) коры.

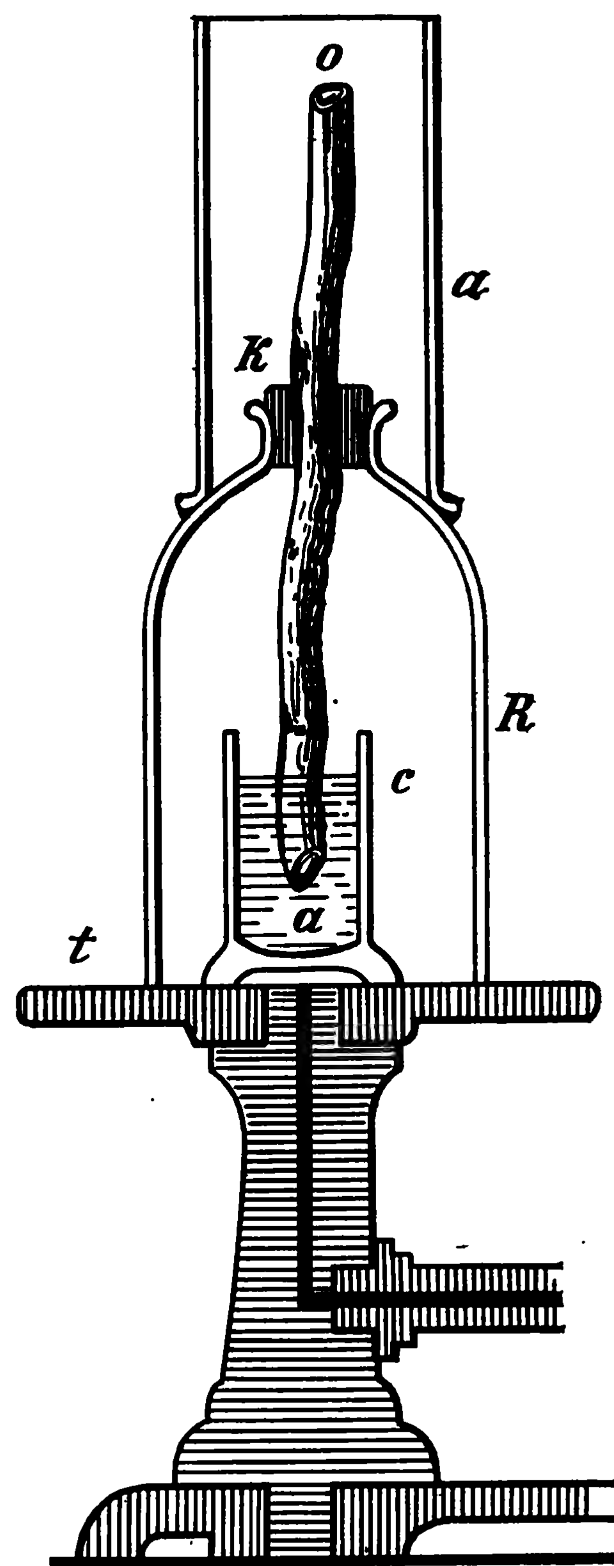


Рис. 82

Сакс [138] подтвердил вывод *Гелеса* несколько иным приемом: срезанный лист прикреплялся наглухо посредством пробки в горлышке стеклянного колпака, примазанного к тарелке воздушного насоса (рис. 83). Пластинка листа оставалась вне колокола, черешок же находился внутри его и нижним концом погружался в небольшой сосуд с известковою водой (*и*). Над колоколом помещался цилиндрический сквозной сосуд (*а*). Посредством трубки *K* в него проникла углекислота из аппарата *F*. При разрежении воздуха в стеклянном колпаке *R* проникал в него сквозь лист внешний воздух с углекислотою; каждый пузырек газа, выделяющийся из нижнего конца отрезка, вызывал муть в жидкости. Результат получался тот же при обратном положении листа (рис. 84). *Сакс*, согласно с *Гелесом*, принял, что пузырьки газа выходили из перерезанных сосудов, и поэтому пришел к одинаковому выводу.

Гёнель [139] получил, напротив того, результат диаметрально противуположный; по его опытам, сосуды древесины, с одной стороны, и межклетные пространства коры (и сердцевины) — с другой, совершенно разобщены. Система полостей сосудов оказалась отовсюду замкнутою, между тем как сеть межклетников коры сообщается с окружающей атмосферой посредством устьиц. Весьма простыми опытами удалось

---

[138] *Sachs.* Handbuch d. Experim. Physiol., p. 252.

[139] *Höhnel.* Ueb. d. negativen Druck. d. Gefässluft (Jnaug. Dissert.), 1876; его же: Bot. Zeit. 1879, p. 541. Pringsh. Jahrbüch, 12, 47.

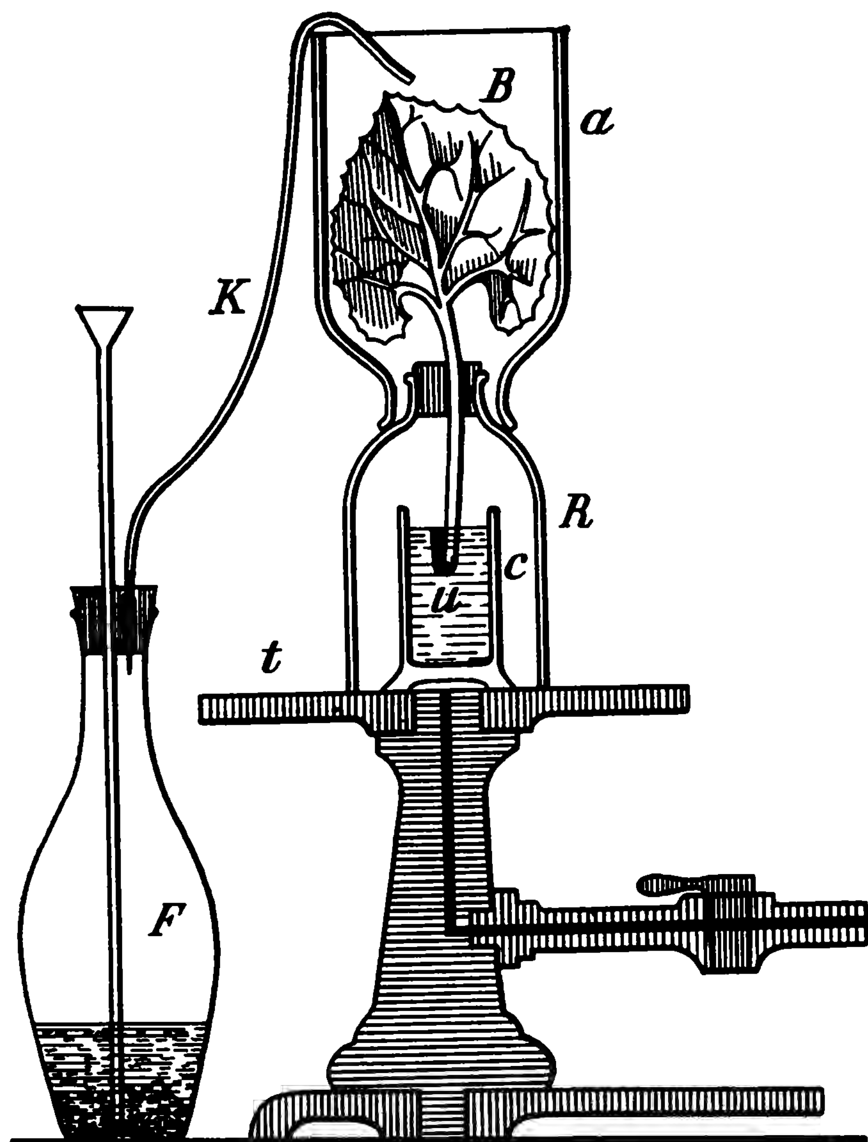


Рис. 83

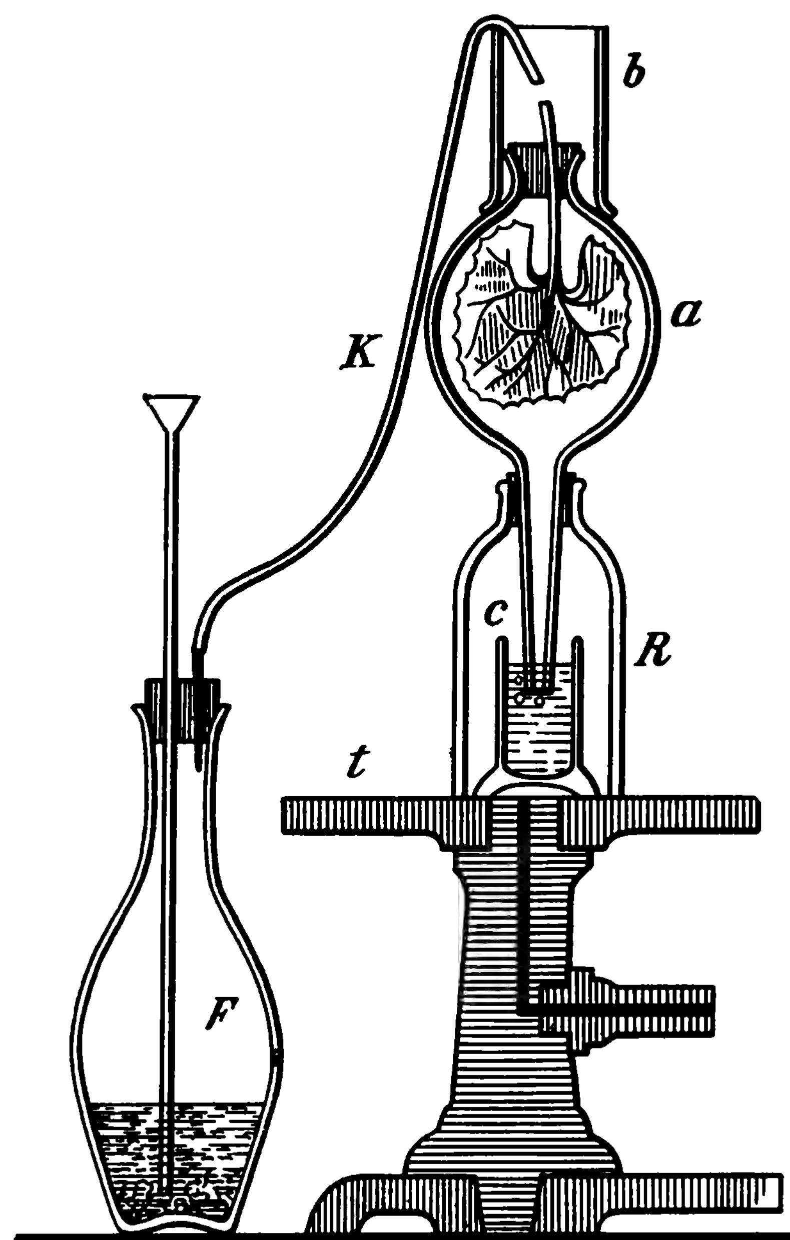


Рис. 84

Гёнелю показать, что газы, заключенные в системе полостей сосудов, находятся иногда под давлением, весьма отличным от атмосферного. Проявление весьма малого давления в полостях сосудов *Гёнель* доказал весьма наглядно, отрезывая ветвь от растения под ртутью; под влиянием атмосферного давления ртуть с силою проникала в полости вскрытых сосудов. По прошествии нескольких минут она поднималась по ним на значительную высоту, образуя столбики ртути до 50—60 см длины. На продольных разрезах этих веток столбики ртути просвечивали сквозь стенки сосудов в виде серых полосок, отличимых легко простым глазом, еще лучше лупою. Наилучшие результаты дали ветви деревьев Quercus pedunculata, Aesculus Hippocastanum, Syringa vulgaris. Проникание ртути в сосуды *Гёнель* совершенно правильно объясняет малым давлением заключенных в них газов, которое мыслимо только при замкнутости этих полостей. Поднятие ртути по сосудам происходит, по мнению *Гёнеля*, без трения поднимающейся ртути о стенки сосуда следующим образом: при входе в полость сосуда столбик ртути образует на вершине мениск, представляющий единственное препятствие для ее дальнейшего движения. Частицы, занимающие центральную часть мениска, раздвигаются в разные стороны под давлением вновь входящей ртути; достигнув стенки сосуда, они прилипают к ней и остаются неподвижными, увеличивая собою боковую стенку цилиндра ртути. Дальнейшее дви-

жение ртути по сосуду происходит, по *Гёнелю*, главным образом вдоль оси цилиндра, во внутренней его части, между тем как в наружных частички ртути остаются без движения.

При вертикальном положении срезаемой ветви длина столбика ртути может служить непосредственным указанием на давление, под которым находились газы в сосудах; из сравнения столбиков ртути в различных сосудах отрезка оказалось, что они достигали тем большей длины, чем ближе находились к поверхности ветки, или, другими словами, что в наружных слоях древесины газы находились под меньшим давлением, чем во внутренних.

Анатомические данные вполне согласуются с результатом *Гёнеля*; сосуды, вплоть до последних разветвлений сети сосудистых пучков, всегда оказывались окружены влагалищем плотно сращенных клеток и являлись вполне уединенными от межклетников коры. *Гёнелю* предстояло объяснить противоречивые результаты опытов *Гелеса* и *Сакса*; это ему вполне удалось. Наблюдая в микроскоп выхождение пузырьков воздуха из срезанного конца ветви в условиях, соответствующих опытам *Гелеса* и *Сакса*, он нашел, что только самая незначительная часть их выделяется из сосудов, а что все остальные выходят из коры, т. е. оказалось, что воздух, проникающий извне через устьица в кору, выделялся весь из нижнего среза коры; незначительное число пузырьков, выступивших из древесины, состояло из воздуха, заключенного в сосудах до начала опыта.

Из употребленных *Гёнелем* приборов я опишу здесь два наиболее удобных для наблюдений над выделением газов из разреза растения. Один из сих (рис. 85) состоял из длинной цилиндрической трубки (*a*), соединенной внизу с воздушным насосом; сверху она закрывалась герметически на время опыта пришлифованной стеклянной пластинкой. В верхней части цилиндра сбоку была припаяна горизонтальная трубка (*b*), замкнутая плотно пробкою на наружном конце; в пробку был вставлен предназначенный для опыта отрезок, частью заключенный в цилиндре, частью выставлявшийся кнаружи; наружный конец отрезка был залеплен воском. Посередине длины цилиндра (*a*) находилась перегородка (*c*) с отверстием, сквозь которое проходила открытая с обоих концов стеклянная трубка (*d*). Верхний конец трубки (*d*) доходил почти вплоть до стеклянной крышки. После введения отрезка наливалась в верхнюю отгороженную часть прибора вода почти до крышки, так, однако, что трубка (*d*) концом своим выставлялась из-под воды. Как только начинал действовать воздушный насос, появлялись на погруженном в воду конце отрезка пузырьки газа, которые, отрываясь от ветви, поднимались кверху струйками в виде мельчайших пузырьков. Выхождение их удобно было наблюдать через горизонтальную трубку микроскопа (*e*), и легко было убедиться, что главная масса газа выделялась из коры и только весьма незначительное количество пузырьков выходило из древесины.

Следовательно, не подлежало сомнению, что воздух, проникавший в ветвь через устьица и чечевички, выходил исключительно из коры и,

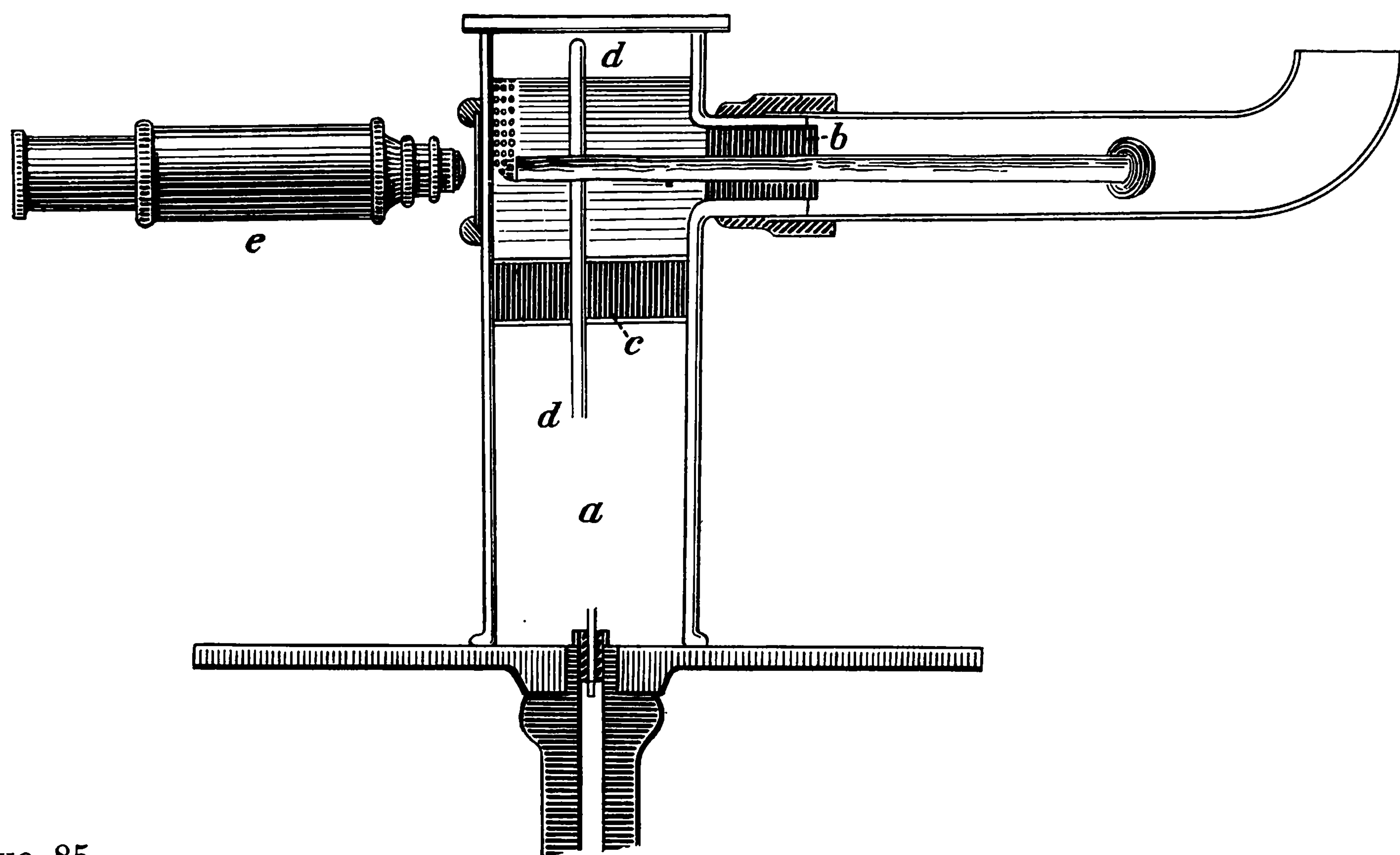


Рис. 85

следовательно, не сообщался с газами полостей сосудов. С помощью другого прибора *Гёнель* доказал справедливость своего вывода на ветке с листьями (рис. 86). Испытуемая ветвь прикреплялась в цилиндрическом сосуде (*b*) с широким горлом посредством каучуковой пробки (*a*). За исключением срезанного конца, обращенного кверху, вся ветвь находилась в сосуде под пробкою. Посредством бокового отверстия цилиндр, вмещавший ветвь, сообщался с длинною коленчато-изогнутою воронкою (*d*), через которую вливалась ртуть; ртуть сдавливала воздух в цилиндре и прогоняла его кнаружи сквозь вставленную ветвь. Окружив выступающий кверху конец ветки стеклянным сосудом (*e*) с водою, легко можно было в данном случае непосредственно наблюдать при давлении ртути в 20—30 см выделение газов из коры (и сердцевины). Из сосудов воздуха не выделялось вовсе. Только когда давление ртути поднималось до 70 см, было заметно выхождение немногих пузырьков газа и из сосудов.

Совершенно в иных условиях находятся газы межклетных полостей вне сосудистых пучков (в коре и сердцевине). Сообщение их с атмосферой через устьица настолько значительно, что различие в составе и давлении газов уравновешивается весьма быстро. Кроме того, в некоторых случаях удалось подметить чрезвычайно сильные токи газов внутри растения по этим полостям. Наиболее поразительный пример энергичной вентиляции растений представляет Nelumbium speciosum, отличающееся, как и все водные растения, громадными размерами межклетных полостей, пронизывающих растение сверху вниз в виде системы объемистых цилиндрических каналов. Явление это было открыто *Рафено*

Делилем[140] и подробно изучено *Бартелеми*[141] и *Мерже*[142]. Лист Nelumbium speciosum состоит из округлой пластинки, несколько вогнутой на верхней стороне и прикрепленной к черешку центральною частью нижней поверхности. Листовая пластинка покрыта устьицами только на верхней поверхности, между тем как нижняя, а также и черешок совершенно лишены устьиц. *Рафено Делиль* заметил, что если на центральной части листовой пластинки находится случайно вода, то удается наблюдать обильное выделение пузырьков газа из устьиц, покрытых водою; ток газа обнаруживается как на листе, соединенном с растением, так и на отрезанном, если только погрузить срезанный конец черешка в воду на значительную глубину. В теплые солнечные дни *Рафено Делиль* замечал обильное выделение газа не только из пластинки, но и из всех случайных отверстий Nelumbium, причиненных улитками и другими животными. Выделение пузырьков газа происходит, по наблюдениям *Бартелеми*, с сильным шумом и бывает иногда столь значительно, что вода, окружающая Nelumbium, кажется как бы кипящею; в аквариях, где выращивается Nelumbium speciosum, в продолжение минуты выделяются сотни литров газа. *Мерже* дополнил эти данные новыми фактами и в то же время показал, что выделение тока газа Nelumbium есть явление физическое, не связанное с жизнью растения, так как ему удалось вызвать его не только на листьях уже отмерших, но и при посредстве простого аппарата — термодиффузатора. На листе, отделенном от растения, *Мерже* наблюдал выхождение газа не из пластинки, а из срезанного черешка; газ выходил из черешка с такою силою, что в прикрепленном к черешку манометре с водою вода поднималась на 1—3 дм. Вода удерживалась на этой высоте, пока лист оставался свежим. По мере засыхания листа вода в манометре спадала; но

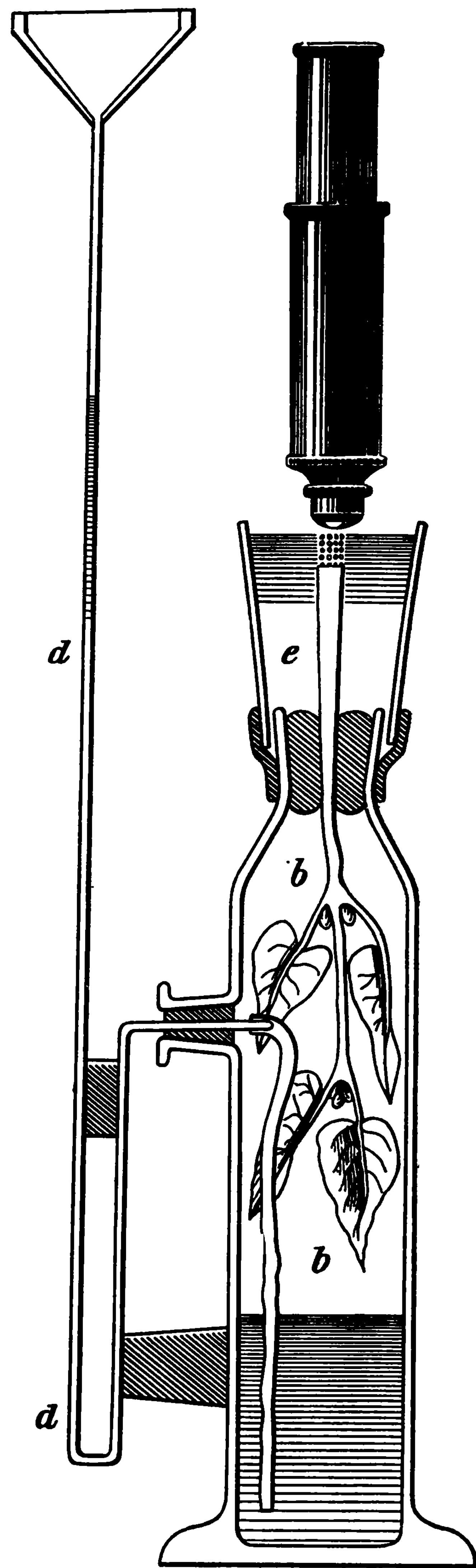


Рис. 86

[140] *Raffenau Delile*. Ann. d. Sc. Nat. S. 2, t. 16, 328 (1841).
[141] *Barthelemy*. Ann. d. Sc. Nat. S. 5, t. 19, 152 (1874).
[142] *Merget*. S. l. phénomènes d. l. thermodiffusion, qui se produisent. d. l. feuilles. См. также: C. R. 77; 1469 (1873) и 78; 884 (1874).

стоило только смочить лист, чтобы поднять воду в манометре до прежней высоты. Выделяемый листом газ имел состав, весьма сходный с атмосферным воздухом. При замене воздуха другими газами, например кислородом, водородом, окисью углерода, углекислотою, они, подобно воздуху, проникали в лист и выделялись из надреза черешка.

Мерже нашел, что выделение газа листьями, освещенными солнцем, вызывается преимущественно тепловыми, а не световыми лучами. При замене солнечного света горящими углями лист Nelumbium выделил объем газа в 4 раза больший; на солнце объем выделенного в продолжение минуты газа равнялся $^1/_4$ л; при нагревании листа углем получился целый литр газа. О количестве газа, выделенного листом Nelumbium, можно судить по тому, что ток газа удается поддерживать в продолжение нескольких суток, собирая ежечасно количество газа, превосходящее объем листа в несколько сот и даже тысячи раз. Единственным необходимым условием для продолжения тока газа оказалась поддержка влажности листа и различной температуры его частей; выделение газа прекращалось, если на листовую пластинку наливалась теплая вода вместо холодной или если весь лист погружался в воду. Особенно интересно показание *Мерже*, что отмершие, но смоченные водою листья Nelumbium обнаруживают ток газа столь же энергичный, как живые. В августе 1873 г. он засушил несколько листьев Nelumbium настолько, что они сделались крепкими и ломкими, в феврале 1874 г. листья эти были вновь смочены. Обвернутые в мокрую тряпку, они через некоторое время приняли свежий вид и прежнюю упругость и, подвергнутые местному нагреванию, обнаружили столь же энергическое выделение газа, как свежие листья. Подобный результат дали листья, убитые спиртом, едким кали и кислотою.

Мерже [143] удалось даже устроить прибор *термодиффузатор*, посредством которого получается выделение газа, вполне сходное с током газа из листа Nelumbium. Термодиффузатор был устроен из цилиндрического глиняного сосуда (гальванического элемента), наполненного мелкоистолченным мелом; в открытый конец цилиндра была плотно вставлена при посредстве пробки стеклянная трубка; трубка соответствовала черешку отрезанного листа Nelumbium, глиняный сосуд с мелом — листовой пластинке. До начала опыта глиняный сосуд оставался погруженным в воду. Для проявления термодиффузионного тока газа прибор этот вынимают из воды и посредством штатива укрепляют в наклонном положении стеклянною трубкою вниз. Глиняный сосуд подогревают лампою, а свободный конец стеклянной трубки подводят под цилиндр, наполненный водою; в нем собирается газ, выделяющийся большими пузырями из трубки. Объем собранного газа превосходил в опытах *Мерже* раз в 40 объем глиняного сосуда. Выделение газа происходило с значительно силою; при цилиндре в 12 см длины и 4 см ширины давление газа достигало 3 атм.

---

143 *Merget.* Thermodiffusion gazeus d. corps pulverulents humides. Association française pour l'avancement d. sciences. Congrès d. Nantes. 1875, p. 355.

Этими немногими данными исчерпывается почти все известное о распределении и передвижении газов внутри растения. На основании их можно вывести следующие заключения: 1) в растениях (высших) пространства, наполненные газами, образуют две системы полостей, совершенно разъединенных между собою: а) сосуды древесной части сосудистых пучков и б) межклетные полости коры (и сердцевины). Система сосудов представляется у всех растений отовсюду замкнутою; в ней поэтому могут находиться смеси газов, совершенно отличные от воздуха, и под давлением совершенно иным, чем атмосферное. Системе межклетников коры и сердцевины у водных растений, лишенных устьиц, представляется также уединенною от атмосферы и может, подобно системе сосудов, заключать, смотря по условиям опыта, различные от окружающей среды по составу и по давлению газы. У растений водных с листьями, выступающими над поверхностью воды и снабженными устьицами, а равно и у всех сухопутных эта система полостей сообщается с атмосферой посредством бесчисленного количества устьиц, так что, несмотря на беспрерывные изменения воздуха, вошедшего в растение, газы этих полостей не представляют заметной разницы в составе от окружающей атмосферы.

Примечание. Возможность термодиффузионного тока газа заставляет признать непригодным определение разложения углекислоты по числу выделяемых растением пузырьков газа.

Передвижение жидких и твердых тел по растению

Беспрерывные перемещения жидких и твердых тел по растению чрезвычайно разнообразны. В перемещении их из одного места в другое, смотря по потребности организма, нетрудно убедиться непосредственно, исследуя микроскопом простейшие организмы, доступные изучения в живом неповрежденном состоянии. В высших растениях к движениям плазмы в клетках присоединяются различные токи жидкостей, направляющиеся из одной части в другую по растению сообразно с его потребностями. У сухопутных форм, а равно и у водных с того времени, как они выставляют некоторые части над водою, проявляется еще ток, пробегающий растение снизу вверх; вода, проникнув в растение из почвы через корни, поднимается по растению вверх, смачивая все его воздушные части. Приток ее в растение из почвы и передвижение по растению обусловливаются исключительно испарением растения и имеют, повидимому, главною целью восполнять воду, теряемую растением через испарение.

Сообразно с этими соображениями я изложу отдельно в последовательном порядке: 1) передвижение жидких и твердых тел в растении от причин, кроющихся в самом растении и неразрывно связанных с его жизнью, и 2) восхождение по растению тока воды (и минеральных солей), вызываемого испарением.

Передвижения жидких и твердых тел, неразрывно связанные с жизненными отправлениями растений и обусловленные причинами, кроющимися внутри растения

Опуская здесь передвижения плазмы в клетках, описываемые в каждом элементарном учебнике, я перехожу к исследованиям путей передвижения жидких и твердых тел по тканям высших растений.

Разыскания эти ведены были двумя путями: с одной стороны, исследовали при посредстве микрохимических реакций распределение по тканям растений наиболее распространенных соединений и заключали из этого о путях передвижения их по растениям, а с другой — старались разгадать эти пути, перерезывая поочередно различные ткани и наблюдая вызываемые нарушения в перемещении веществ по растению.

Между различными передвижениями веществ по растению были преимущественно расследованы следующие: 1) перемещение при прорастании соединений, отложенных в белке или семядолях, в нарастающие части зародыша; 2) перемещение по растению вырабатываемых листьями органических соединений в места потребления или временного отложения и 3) передвижение в молодые побеги зимнего запасного материала.

В заключение статьи я изложу опыты над вытеканием жидкости из надрезанных частей растения — явление так называемого плача растений.

Исследования над передвижением веществ при прорастании

Главнейшие микроскопические исследования над передвижением веществ при прорастании принадлежат *Саксу*[144]. Ему удалось путем микрохимических реакций проследить на пластинках, вырезанных из семени и проростков, распределение по тканям крахмала, сахара, белковых тел, жиров и дубильных веществ. Из сравнения распределения их в семени и в проростке он заключил о путях их передвижения. Оказалось, что во всех нарастающих частях в период, предшествующий окончательному разрастанию, временно появляются сахар и крахмал, и притом только в сердцевине и в паренхиме коры; ни в камбии, ни в ситовидных элементах их вовсе не было; эти элементы, напротив того, изобиловали белковыми телами. В окончательно разросшихся частях проростка крахмал и сахар исчезали бесследно, за исключением одного только слоя клеточек, непосредственно окаймлявших сосудистые пучки,— так называемого *крахмалистого влагалища*, в котором *Сакс* находил зерна крахмала во все время развития растения. На основании присутствия крахмала и сахара в паренхиме коры и сердцевине и преобладания белковых тел в камбиоформе и ситовидных элементах *Сакс* заключил, что пути

[144] *Sachs.* Sitzungsb. Wien. Ak. 36; (1859) и 37; 57 (1859); его же: Bot. Zeit. 1859; 1862, 1863, 1865. Также: Pringsh. Jahrbüch. 3; 183 (1863); Flora, 1862; 139 и 280 и 1863; 33 и 193. Handbuch d. Experim. Physiol., p. 380 (1865) и Lehrbuch d. Botanik, p. 612 (1874).

передвижения углеводов и белков совершенно различны и соответствуют тканям, в которых он их находил.

Вывод *Сакса* допускает, однако, очень веские возражения. *Бриози*[145] справедливо замечает, что присутствие крупных зерен крахмала в паренхиме не может служить указанием на пути передвижения углеводов по растению; эти сравнительно крупные отложения крахмала можно с одинаковым правом рассматривать как временные отложения, находящиеся вне главного его тока. *Бриози* удалось открыть в содержимом ситовидных элементов, кроме белков, значительное количество крахмальных зерен, и притом столь малых размеров, что они в состоянии, по его мнению, проникать из одной ситовидной клетки в другую через сквозные поры сита. Несколько раз он получал препараты с зернышками крахмала, защемленными в поровых каналах ситовидных элементов. Поэтому *Бриози* считает в противоположность *Саксу* одни ситовидные элементы за пути передвижения как углеводов, так и белков, т. е. пластического материала в полном его составе. Сходного взгляда придерживается *Ганштейн.* (Разбор этих воззрений см. ниже.)

Перемещение по растению выработанного листьями запасного материала в места потребления или временного отложения

В предыдущих двух главах были подробно изложены исследования над участием листьев в питании хлорофиллоносных растений. Мы видели, что в клетках паренхимы листовых пластинок приготовляются из углекислоты и воды углеводы, при посредстве которых строятся в растении все остальные органические соединения. Необходимые для жизни каждой клетки углеводы, приготовляемые листьями, переносятся затем во все другие органы растения. Одновременно с ними появляются как в нарастающих частях растений, так и в местах временного накопления запасного материала белковые тела и жиры. Выше уже было выяснено, что о местах образования последних ничего положительного не известно; единственное и притом далеко не вполне удовлетворительное указание на образование белковых тел в клетках паренхимы листовой пластинки состоит в постоянном отсутствии азотной кислоты в этой ткани, между тем как она содержится в корне, стебле, листовых черешках и даже в нервах листовой пластинки.

Отсутствие азотной кислоты объясняют раскислением ее при переработке в сложные органические соединения.

Ввиду неизвестности состава смеси органических соединений, вырабатываемых растением при посредстве листьев, я буду обозначать ее названием *пластического материала.* Пути передвижения последнего, без сомнения, весьма различны, смотря по распределению в растении мест его потребления или временного отложения.

---

[145] *Briosi.* Bot. Zeit. 1873; p. 305 и Nuovo Giorn. bot. ital. 1875; 81. (Just Jahresb. 1875, 878).

Мы видели, что во время прорастания нарастающие части растения получают весь пластический материал из семядолей; последние содержат его отложенным внутри себя или же высасывают его по мере развития зародыша из окружающего белка.

С истощением запасного материала семени роль семядолей принимают на себя листья с тою только разницею, что вырабатывают органические соединения сами при посредстве света из простых неорганических соединений.

Передвижение по растению пластического материала из листьев исследовали: 1) посредством вырезывания из растения различных тканей (коры и древесины) и 2) макрохимическими анализами листьев и других органов растения в различное время развития растения.

Исследования путей передвижения пластического сока из листьев посредством вырезывания определенных тканей растений

Первые опыты в этом направлении произведены были *Мальпиги*[146]; он показал, что если сделать на стволе круговую вырезку коры[3*], то части растения выше круговой вырезки не только остаются живыми, но разрастаются сильнее обыкновенного в толщину, а плодовые деревья приносят на следующий год после вырезки коры большее против обыкновенного количество плодов. При этом особенно сильно разрастался ствол у верхнего края вырезки. Здесь обнаруживалась значительная гипертрофия как древесины, так и коры и образовался кольцеобразный наплыв ткани по всему верхнему краю вырезки. Совершенно обратное замечалось в части ствола ниже вырезки; со времени вырезывания кольца коры прекращался рост в толщину ствола, а равно и развитие всех частей растения ниже вырезки. Из всех этих фактов уже *Мальпиги* совершенно верно заключил о передвижении пластического сока из листьев сверху вниз по коре и о поднятии по растению воды преимущественно, если не исключительно, по древесине. На основании подобных опытов долгое время предполагали существование в растениях двух главных токов жидкости: тока воды, поднимающегося по древесине, и пластического сока, спускающегося по коре; первый обозначали названием *восходящего,* второй названием *нисходящего* тока жидкости. Последующие разыскания, однако, показали, что, кроме этих двух токов жидкостей, находятся много других путей перемещения жидких и твердых тел и что, следовательно, передвижение их по растению далеко не так просто, как прежде принимали. Поверхностного наблюдения над большинством однолетних растений достаточно для того, чтобы убедиться в необходимости передвижения пластического материала из листьев вверх по растению к развивающимся цветам и плодам растений. Вышеприведенные опыты *Сакса* сделали это заключение еще более очевидным. Не подлежит также со-

[146] *Malphighi.* Op. 1; 159 (цитата по *Ганштейну*).

мнению развитие при посредстве листьев камбия и образуемых из него элементов коры и древесины, для чего необходимо допустить течение пластического сока из листьев к камбию. Из всех возможных путей перемещения по растению пластического материала, изготовляемого листьями, расследованы пока, по крайней мере до некоторой степени, два пути: а) вниз по стволу и корню и б) вверх по растению.

Передвижение пластического материала из листьев вниз по коре. Первые опыты, произведённые *Мальпиги*, были подтверждены *Найтом*, *Ганштейном* и *Гартигом*. *Найт*[147] показал, что если вместо одной кольцевой вырезки коры сделать две, одну под другую, то описанный *Мальпиги* наплыв верхнего края вырезки получается, как и следовало ожидать, только на верхнем крае верхней вырезки. Ниже последней прекращалось совершенно разрастание в толщину как в промежуточном куске между вырезками, так и в остальной нижней части растения. Исключение представляли лишь те случаи, где в промежутке между вырезками или ниже нижней вырезки находилась почка или развитые листья, которые могли вырабатывать пластический материал для частей, ниже их находящихся. Наглядным подтверждением передвижения в данном случае пластического материала сверху вниз послужил *Найту* опыт, где с намерением оставлена была почка в промежутке между обеими кольцеобразными вырезками коры. Из почки образовался со временем побег с листьями; согласно с предыдущим, получилось разрастание в толщину только в нижней части кольца коры, ниже основания побега; выше места его прикрепления новообразования тканей не обнаружилось, и эта часть сохранила размеры, которые имела во время вырезывания коры.

Опыты эти указали несомненно на движение пластического материала вниз по коре, причем, однако, ближайшая причина его передвижения оставалась невыясненною. Можно было с одинаковым правом принять, что перемещение его происходит под влиянием какого-нибудь внешнего деятеля (всего вернее казалось объяснить непосредственным влиянием силы тяжести) или же от внутренних причин, кроющихся в организации растений. *Найту* удалось разрешить этот вопрос в пользу второго предположения. Пробным объектом послужила ему плакучая ива; сделав круговую вырезку коры у висячей вниз ветви, он нашел, что конечная часть ее, приходившаяся ниже вырезки, продолжала разрастаться; соответственно с этим круговой нарост тканей образовался не на верхнем, а на нижнем краю вырезки; верхний же край ее и вся прилегающая к нему часть ветви до следующей почки остановились вполне в своем развитии. Здесь, следовательно, обнаружилось перемещение пластического материала *тоже по коре*, но по направлению *снизу вверх*. Если представить себе висящую ветвь приподнятою и поставленною вертикально, то получится полное совпадение в направлении тока пластического материала с прежними опытами. Поэтому гораздо правильнее

[147] *Knight.* Selection from the physiol. c. horticult. papers. (a. d. Philos. trans u. a. Schriften gesammelt). Lond. 1841.

обозначить его как течение, направленное в коре от *органической вершины растения к его основанию.* Определение это подтверждается вполне еще следующим опытом *Найта* над виноградной лозой: он пригнул ветвь виноградной лозы к земле среднею ее частью, которую и засыпал землёю. По прошествии некоторого времени в этом месте она пустила корни, и когда совершенно укоренилась, то *Найт* отрезал ее с обоих концов, оставив на каждом по значительному куску прилегающего междоузлия. Дугообразно изогнувшийся отрезок продолжал расти при посредстве оставленных на нем почек. Дальнейшее разрастание отрезка дало возможность проверить вышеприведенное положение на основании следующих соображений: если в данном случае пластический сок двигался по коре от органической вершины (отрезанной верхушки побега) к органическому основанию (т. е. к концу, которым отрезок был соединен с лозою), то следовало ожидать, что на отрезке деятельностью оставленных на нем почек будут разрастаться междоузлия, приходящиеся при нормальном положении ветви ниже почек, в том числе и кусок междоузлия на конце, соединявшем прежде отрезок с лозою; напротив того, кусок междоузлия, оставленный на противоположном конце отрезка, должен был оставаться без изменения; ожидания эти вполне подтвердились на опыте.

Опыты *Ганштейна* показали, что пластический материал для развития корней отрезков ветвей, посаженных во влажный песок или воду, доставляется по коре и что раньше всего образуются корни на нижнем, срезанном конце, где они достигают наибольших размеров. *Ганштейн* [148] показал, что круговою вырезкою коры отрезка можно уменьшить разрастание корней из нижнего конца ветви; корни получались тем короче, чем ближе к нижнему концу была произведена вырезка; если ниже вырезки был оставлен только короткий кусок коры, то корней в этом месте не образовалось вовсе. Взамен их появлялись очень сильно развитые корни вдоль верхнего края вырезки; они достигали тем более большей длины, чем длиннее была срезанная ветвь. Сходный результат получился на отрезках, уже пустивших корни из нижнего конца; круговою вырезкою удавалось тотчас останавливать дальнейшее их разрастание. Опыты *Ганштейна* служат, следовательно, полным подтверждением предыдущих. Проверяя влияние круговой вырезки коры на различных растениях, *Ганштейн* нашел, что оно не во всех проявляется с одинаковою определенностью, а у некоторых даже вовсе не задерживает развития частей растения ниже вырезки, например, этим способом не удавалось остановить развития клубней картофеля, а равно и образования корней у Stenotaphrum glaucum и Tradescantia Selloi. Сходный отрицательный результат дали опыты над двудольными из сем. Piperaceae, Nystagineae, Asclepiadeae (Nerium) и некоторые из сем. Solaneae. Микроскопическое расследование обнаружило в этих растениях присутствие сосудистых пучков в сердцевине, которых нет у других растений. Сосудистые пучки эти

---

[148] *Hanstein.* L. c., p. 407.

оказались составлены, подобно остальным, из древесины и луба (ситовидных элементов). Сопоставляя результаты всех вышеприведенных опытов, *Ганштейн* пришел к заключению, что различные последствия кольцеобразной вырезки коры обусловливаются тем, что у большинства древесных двудольных этой операцией перерезываются все ряды ситовидных элементов, между тем как у растений однодольных и перечисленных семейств двудольных вырезкою коры прерывалось сообщение только части ситовидных элементов; последние растения могли, следовательно, попрежнему перемещать пластический материал в части ниже вырезки по уцелевшим ситовидным элементам сосудистых пучков сердцевины. На основании этих опытов *Ганштейн* рассматривает ситовидные элементы за ткань, служащую преимущественным, если не исключительным, проводником пластического сока из листьев вниз по растению.

В этом отношении *Ганштейн* расходится с *Саксом*, который, как мы видели, утверждает, что по ситовидным элементам передвигаются преимущественно только белковые тела, между тем как углеводы, по его мнению, перемещаются главным образом по паренхиме коры и сердцевине. Приемы исследования передвижения составных частей пластического сока, употребленные *Ганштейном*, *Саксом* и *Бриози*, однако, отчасти уже потеряли свое прежнее значение. Выводы их основываются на предположении, что пластический материал передвигается по растению в виде белковых тел и углеводов. Между тем в последнее время выяснилось, что азотистые соединения перемещаются по растению не только в виде белковых тел, но и амидов, преимущественно в виде аспарагина. Аспарагин же, показал *Пфеффер*, встречается главным образом в клетках перенхимы коры и молодой сердцевины, что заставляет признать перемещение по этой ткани не только углеводов, но отчасти и азотистых соединений. С другой стороны, обнаружилось затруднение в принятии передвижения углеводов по паренхиме не только в виде крахмала, но и сахара. *Пфеффер* [149] высказал на основании своих исследований предположение, что плазма каждой клетки покрыта как с наружной, так и с внутренней стороны тончайшей перепонкой (гиалоплазмы), сходной по диосмотическим свойствам с осадочными перепонками. Вследствие того что наиболее исследованная из последних — перепонка железисто-синеродистой меди — оказалась почти непроницаемой для раствора сахара, сделалась сомнительною проницаемость гиалоплазмы по отношению к раствору сахара. Кроме того, в некоторых растениях, например конопле, содержащих крахмал, *Детмер* [150] не находил вовсе ни сахара, ни декстрина. На основании этих данных *Детмер* предполагает, что углеводы не передвигаются сами по растению, и если является необходимость перемещения их из одной части растения в другую, то они, подобно белковым телам, распадаются предварительно на более простые тела; по мнению *Детмера*, молекула углевода распадается на несколько частиц

---

[149] *Pfeffer*. Osmotische Untersuchungen.
[150] *Detmer*. Vergl. Physiologie. d. Keimungsprocesses, p. 337 (1868).

муравейного альдегида; в виде муравейного альдегида передвигается эта составная часть пластического материала в места, где требуется отложение углевода, и здесь путем синтеза из частиц муравейного альдегида вновь образуется углевод. Принимая во внимание все вышесказанное, нельзя не сознаться, что вопрос о путях перемещения пластического сока по тканям растений далек еще от окончательного решения.

При посредстве круговых вырезок коры *Ганштейн*[151] старался выяснить также *пути передвижения пластического сока из листьев вверх по растению.* Для этой цели он произвел по одной круговой вырезке коры у значительного числа молодых побегов Acer Pseudoplatanus; некоторые из побегов заканчивались соцветием, другие были покрыты только листьями. У первых круговая вырезка коры производилась близ основания одной или двух пар цветов; у некоторых побегов срезывалась, кроме того, большая часть листьев над вырезкой. По прошествии 6 дней обнаружилось завядание побегов, лишенных листьев; через 14 дней все они отмерли. Напротив того, побеги, у которых листья выше вырезки не были срезаны, оставались совершенно свежими, несмотря на жаркую и сухую погоду. Опыты над Sambucus nigra и Salix дали сходный результат. Развитие поставленных в воду отрезков Salix и Ligustrum, покрытых нераспустившимися почками, обнаружило подобную же зависимость от длины прилегающего к ним куска коры. Обыкновенно на цельном отрезке всего сильнее развивается почка верхушечная; остальные же отстают в развитии тем более, чем ниже они сидят на отрезке. Круговою вырезкою коры удавалось видоизменить их относительное разрастание. Верхние почки (выше вырезки) развивались слабее, чем на соответствующих местах цельных отрезков, и тем меньше, чем ближе находилась почка к вырезке. Непосредственно под вырезкой получались более сильные побеги в нисходящем порядке, соответственно длине куска коры между почкою и нижним концом отрезка. Из этих опытов и некоторых других сходных *Ганштейн* пришел к заключению что и в неповрежденном растении пластический сок двигается *по коре вверх*, но что, по всему вероятию, передвижение это происходит лишь на небольшие расстояния; кроме того, он полагает, что без посредства тока, направленного вверх по коре, не может произойти развития ни вегетативных почек, ни плодов, а также и утолщения древесины[152] в частях растения, поставленных выше ассимилирующих листьев.

Макрохимические исследования над передвижением пластического материала из листьев по растению. Сюда относятся указания *Коренвиндера*[153] относительно перемещения фосфорной кислоты из листьев в семена и плоды различных растений ко времени их созревания, работа *Рисмюллера* над изменением состава и веса листьев Fagus sylvatica по мере их развития и чрезвычайно обстоятельный труд *Изидора Пиерра* над пшеницей.

---

[151] *Hanstein.* L. c., p. 424.
[152] *Hanstein.* L. c., p. 428.
[153] *Corenwinder.* C. R. 50, 1135 (1860).

Рисмюллер[154] проследил передвижение осенью как минеральных, так и органических соединений из листьев в другие части Fagus sylvatica. Полученные цифры заключаются в прилагаемой табличке; она представляет в то же время подтверждение и дополнение к исследованию *Цёллера*[155] над изменением состава золы листьев этого растения по мере их развития. В 1000 свежих листьях Fagus sylvatica оказалось по *Рисмюллеру* (в г):

	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь
Воды	174,71	158,70	187,70	130,9	134,76	156,05	134,08
Сухого вещества	53,22	106,76	145,36	134,9	121,56	105,67	112,16
Безазотистых вытяжных веществ	26,77	56,02	71,89	66,04	61,39	53,27	55,30
Жирных тел	1,25	2,58	2,64	2,71	5,88	5,85	6,66
Белковых тел	13,05	20,21	28,07	24,02	17,39	12,68	8,76
Золы	2,48	5,55	10,82	12,18	10,81	14,61	12,80
Натра	0,08	0,07	0,04	0,10	0,12	0,17	0,17
Кали	0,77	1,20	1,28	1,19	1,14	0,87	0,74
Окиси железа	0,01	0,05	0,08	0,10	0,12	0,06	0,07
Извести	0,36	1,38	3,02	3,90	3,26	3,57	4,21
Магнезии	0,19	0,63	0,99	1,02	0,88	0,79	0,91
Фосфорной кислоты	0,53	0,46	0,56	0,66	0,45	0,36	0,14
Кремнекислоты	0,04	0,58	1,76	2,33	1,97	2,55	2,96
Нечистой сырой клетчатки	7,69	22,38	31,92	29,93	26,06	22,45	28,62

Из этой таблички ясно видно уменьшение веса твердого вещества вследствие убыли безазотистых вытяжных соединений, белковых тел, кали и фосфорной кислоты. Убыль этих соединений столь значительна, что она ясно сказывается в весе всего сухого вещества, несмотря на возрастание в листьях количества жирных тел, натра, извести, магнезии, кремнекислоты и клетчатки.

О работе *Изидора Пиерра* я уже упоминал в главе I; хотя главная цель ее состояла в исследовании составных частей пищи, необходимых для пшеницы, а также и времени их усвоения, я тем не менее предпочел изложить ее в настоящей главе ввиду заключенных в ней исследований над передвижением соединений, выработанных листьями, в плоды и семена в период, предшествующий их созреванию. *Изидор Пиерр*[156] исследовал состав пшеницы по органам в следующие пять периодов:

---

[154] *Rissmüller.* Land. Vers. 17, 17 (1874). (Just Jahresb. 1874, 849).
[155] *Zöller.* Land. Vers. 6, p. 231 (1864).
[156] *Isidcre Pierre.* Etudes, s. l. développement du blé; его же: Ann. d. Chim. Phys. S. 3, t. 60, 129 (1866).

1-й раз 11 мая перед колосованием; 2-й раз — 3 июля во время колосования; 3-й раз — 22 июня во время цветения; 4-й раз — 6 июля, когда семена уже достигли значительного размера, но еще легко раздавливались между пальцами, и 5-й раз — 25 июля во время совершенной зрелости растения.

Собранные растения подвергались возможно скоро расчленению и анализу. Полное разъединение на колосья, листья, междоузлия и узлы соломины оказалось возможным лишь в последней порции. Высушенный материал превращался затем в мелкий и по возможности однообразный порошок; в этом виде он подвергался анализу. В каждой порции определялось твердое вещество, азот и составные части золы. Накопление твердого вещества в растении (перечисленное на жатву с гектара) и передвижение его составных частей по растению рельефно обрисовываются в нижеследующих двух таблицах.

Вес твердого вещества в пшенице, снимаемой с гектара [157], кг

Обозначение частей растения	11 мая	3 июня	22 июня	6 июля	25 июля
Колосья	—	250,03	916,74	1744,65	2540,48
Верхняя часть стеблей	—	21,50	634,45	735,71	556,94
Первые междоузлия	—	93,05	696,3	671,69	558,18
Вторые »	—	—	436,72	401,42	314,77
Третьи »	60,16	—	356,53	346,56	284,99
Четвертые »	80,61	—	114,15	97,74	106,65
Первые листья	—	483,21	687,53	613,67	415,16
Вторые »	—	—	586,05	480,32	364,92
Третьи »	286,31	—	399,43	294,16	258,92
Четвертые »	249,89	—	234,88	172,66	172,51
Пятые »	152,32	—	48,21	33,20	43,58
Первые узлы	—	24,97	63,44	79,36	71,18
Вторые »	—	—	72,85	75,39	59,10
Третьи »	20,18	—	81,14	71,06	55,67
Четвертые »	30,21	—	70,48	62,56	53,08
Пятые »	15,02	—	19,70	15,27	19,52
Все листья, вместе взятые	—	1748,90	1956,11	1594,01	1255,10
Все междоузлия, вместе взятые	—	791,21	2238,15	2253,13	1821,56
Все узлы, вместе взятые	—	190,19	307,62	303,63	258,55
Вся жатва	1417,01	3145,86	5684,11	6076,31	6040,21

[157] *Isidore Pierr*. L. c., p. 71 и 72.

Эти цифровые данные привели *Изидора Пиерра* к целому ряду интересных выводов.

1. Числа последней строки первой таблицы, выражающие количества сухого вещества жатвы (с гектара) в различные периоды развития пше-

	6 июля	25 июля	Разница в весе
Все листья, вместе взятые, весили	1594	1255	−339
Все междоузлия и верхняя часть стеблей	2253	1822	−431
Все узлы	304	259	−45
Итого	4151	3336	−815
Вес колосьев, вместе взятых	1745	2541	+786
	15 июля	30 июля	
Вес листьев и отмерших стеблей	1889	1577	−312
Вес стеблей без листьев	2835	2363	−472
Итого	4724	3040	−784
Вес всех колосьев	2195	2986	+791

ницы, свидетельствуют, что прибыль его прекратилась за 15—20 дней до окончательного созревания, а с того времени обнаруживалась убыль, так что в последней жатве сухого вещества оказалось меньше. Вес сухого вещества 6 июля уже достиг 6076,31 кг, между тем как последняя жатва 25 июля содержала всего 6040,21 кг сухого вещества.

2. Из сравнения веса сухого вещества различных частей пшеницы в предпоследнюю и последнюю жатвы чрезвычайно наглядно обрисовывается передвижение веществ из листьев и соломины в колосья (см. вторую таблицу). Одновременно с убылью веса сухого вещества соломины и листьев проявляется прибыль его в колосьях, причем прибыль с убылью настолько уравновешивались, что, несмотря на значительную разницу в весе органов, вес всего растения (т. е. надземных его частей) остался в обеих жатвах одинаковым.

3. Согласно с вышеизложенным результатом обнаружилась в последний месяц до созревания чрезвычайная убыль азота (до $^2/_3$ всего количества) в листьях и соломине, преимущественно в верхних частях, и соответственная прибыль его в колосьях. Замечательно совпадение цифр, выражающих вес азота, снятого в колосьях с гектара в 1862 и 1864 гг.[158].

Вес азота в колосьях равнялся (в кг):

29 июня 1862	16	6 июля 1864	33,1
22 » 1864	17,1	30 » 1862	51,5
13 июля 1862	33,9	25 » 1864	51,3

4. Подобное перемещение из листьев и соломины в колосья обнаружили, как видно из целого ряда таблиц, различные составные части золы.

5. Чрезвычайно любопытные результаты получены *Изидором Пиерром*[159] касательно постепенной и быстрой прибыли в весе сухого веще-

---

[158] *Isidore Pierre*. L. c., p. 77.
[159] Ib., p. 101.

ства колосьев в последнее время развития пшеницы. Взвешивания, повторенные через каждые пять дней, дали следующие цифры (в кг/га):

6	июля	1537
11	»	1997
15	»	2063
20	»	2353
25	»	2736

Прибыль сухого вещества в отдельных частях колоса выразилась следующими цифрами (в кг):

	Ось цветовая	Пленки	Зерна
6 июня	181,5	599,9	755,7
11 »	189,1	602,9	1205,5
15 »	166,7	499,3	1397,0
20 »	166,0	486,0	1701,3
25 »	142,6	522,6	2070,4

Из этой таблички видно, что в последние 19 дней, когда вес колосьев увеличился приблизительно на $^4/_7$, вес цветовой оси уменьшился на $^1/_4$, а пленок — на $^1/_6$. Сумма убыли этих частей колосьев далеко не уравновешивает прибыли в весе семян, составляя только около $^1/_{10}$ последней. Эти цифры, следовательно, ясно показывают, что главную массу сухого вещества ($^9/_{10}$ прибыли в весе) семена получили из других частей растения, преимущественно из верхних.

Прибыль в весе одних зерен оказалась:

в промежутках между 6 и 11 июля равною	449,8 кг на гектар, что составит в день 90 кг
в промежутках между 11 и 15 июля равною	191,5 кг на гектар, что составит в день 48 кг
» » » 15 и 20 » »	304,3 кг на гектар, что составит в день 61 кг
» » » 20 и 25 » »	369,1 кг на гектар, что составит в день 74 кг

Средним числом суточная прибыль в весе зерен на гектаре найдена равною 68 кг.

Передвижение зимнего запасного материала в нарастающие весенние побеги

Относящиеся сюда наблюдения отчасти изложены уже выше, в главе II. Первые микроскопические расследования над передвижением зимнего запасного материала в весенние побеги и соцветия были произведены *Бородиным* и мною [160] над березой и тополем. Мы уже указали, что в них временно отлагается весною крахмал, который затем исчезает раньше

---

[160] *Famintzin u. Borodin.* Mél. d. l'Acad. d. S. Pétersbourg, 6; 294 (1867).

ше всего в частях ветвей, прилегающих к распускающимся почкам. Несколько позже, в 1871 г., появилась работа *Рейхардта*[161], в которой он пришел к результатам, совершенно сходным с полученными нами. Наша работа осталась ему, по всему вероятию, неизвестной, так как о ней он вовсе не упоминает. *Рейхардт* исследовал различные виды Salix, Alnus incana, A. glutinosa, Acer campestre, Populus pyramidalis, Corylus Avellana, Tilia europaea, Syringa vulgaris, Evonymus Europaeus и Betula alba и некоторые другие растения главным образом по отношению к растворению отложенного запасного материала в связи с развитием почек. Он также нашел у некоторых пород временное отложение крахмала весною, перед распусканием почек и, подобно нам, изучил сперва изменения в побегах, внесенных в комнату зимою, а затем проверил свои выводы весною на отрезках, снятых с растений, распускающихся на открытом воздухе.

Из расследования йодом поперечных и продольных разрезов 1—8-летних ветвей *Рейхардт* вывел следующие заключения о растворении крахмала весною.

1. Растворение крахмала оказалось в самой тесной связи с распусканием почек. В ветвях и корнях, лишенных почек, крахмал оставался без перемены; на ветвях с почками растворение крахмала проявилось не раньше заметного разбухания почек[162]. Особенно ясно обнаруживалось соотношение во времени растворения крахмала и появления новообразований на отрезках ветвей, поставленных в воду. Если отрезок пускал в воде корни, развивающиеся раньше почек, то исчезание крахмала обнаруживалось лишь в частях, соседних с корнями, причем нередко в то же время появлялось новое временное отложение его близ основания каждого из корней. В верхних же частях отрезка крахмал не переходил в раствор, пока не начинали разбухать почки.

2. Исчезание крахмала обнаруживалось в междоузлиях раньше, чем в узлах; в последних оно делалось заметным только после исчезания крахмала из междоузлий; в каждом междоузлии крахмал убывал прежде всего из средней части[163]. Одновременно с растворением в ветвях исчезал крахмал и в корнях; в последних растворение его шло, по-видимому, медленнее, охватывая корень постепенно, начиная с его вершины[164]. Растворение крахмала в различных тканях происходило неравномерно; в большей части случаев раньше всего замечалось исчезание крахмала из древесной паренхимы и лубообразных элементов древесины, затем уже из сердцевинной трубки и сердцевинных лучей, и притом иногда исчезал крахмал раньше из сердцевинных лучей, иногда же из сердцевинной трубки[165]. В коре крахмал оставался всегда дольше, чем в остальных тканях ветви. В отрезке, составленном из побегов различного возраста, крахмал исчезал раньше из однолетних частей.

---

[161] *Reichardt*. Land. Vers. 14, 323 (1871).
[162] L. c., p. 323.
[163] L. c., p. 327.
[164] L. c., p. 330.
[165] L. c., p. 331.

Относительно путей передвижения запасных веществ в нарастающие побеги не имеется определенных указаний; мы увидим ниже, что часть зимнего запасного материала поднимается вверх по древесине и у некоторых растений водный раствор его вытекает с силою из пораненных мест. Перемещается ли эта жидкость в то же время вверх по коре, остается пока невыясненным. Некоторые опыты *Ганштейна* говорят в пользу этого предположения, между тем как *Гартиг* отрицает передвижение запасного материала по коре вверх, указывая на перемещение его из коры в древесину по горизонтальному направлению.

Гартиг старался выяснить эти вопросы при посредстве круговых вырезок коры и расследования микроскопом влияния вырезки на распределение и последующее потребление в растении запасного материала. Он подтвердил, с одной стороны, движение пластического сока из листьев вниз по коре и получил результаты, согласные с вышеописанными. Передвижение жидкости по коре он прерывал круговою вырезкою или же сжатием коры посредством железного обруча. Микроскопическими расследованиями он определял с точностью начало и конец растворения зимнего запасного материала и нашел их различными у разных древесных пород; у клена начало растворения зимнего запасного материала обнаружилось уже в феврале, у дуба — в конце марта, у хвойных — в начале апреля; оно шло при этом постепенно, начиная с верхушек ветвей вниз, так что в корнях клена и дуба оно проявилось лишь в начале мая, у сосны — только в середине июня. Растворение запасного материала продолжалось в каждой части растения около двух месяцев, в корнях шло быстрее [166].

Этим же способом удалось *Гартигу* определить начало накопления запасного материала, предназначаемого для развития побегов следующего года; у клена оно начиналось в мае, у лиственницы — в июне, у дуба — в июле, у сосны — в сентябре; отложение его происходило раньше всего в концах ветвей и захватывало прилегающие части, переполняя постепенно все растение по направлению сверху вниз; до концов корней клена оно достигало только в начале августа, у дуба — в середине сентября, у лиственницы — в начале октября, а у сосны — в середине октября. В дубе и сосне оно продолжалось, следовательно, два месяца, в лиственнице и клене — по три месяца; в нижних частях долее, чем в верхних.

Передвижение по растению отлагаемого запасного материала, а равно и пути передвижения его раствора весною следующего года *Гартиг* выяснил следующим образом: в продолжение целого годового периода вегетации он производил каждые 8 дней по круговой вырезке коры в 2 дюйма шириною на стволах дубов толщиною в человеческую руку; вырезка производилась у всех дубов на высоте 4 футов над поверхностью земли. Этою вырезкою задерживалось, смотря по времени, когда ее производили, перемещение вырабатываемого листьями пластического материала в части растения ниже вырезки. В этих стволах было исследова-

---

[166] *Hartig*. L. c., p. 332.

но содержание и распределение запасного материала на вырезанных из них кусках древесины и коры.

Во всех стволах с вырезкою, произведенною раньше 30 июня (начало отложения запасного материала), запасного материала ниже вырезки вовсе не оказалось. Влияние же вырезок, произведенных позже 30 июня, сказывалось тем меньше, чем позже произведена была вырезка; стволы с вырезкою, произведенною позже 10 августа, содержали в себе все количество запасного материала. На следующий год летом во всех стволах с вырезками части растения ниже вырезки, не исключая и коры, не содержали вовсе запасного материала; он весь был перенесен в части растения выше вырезки; круговая вырезка коры не препятствовала, следовательно, перемещению всего запасного материала не только из древесины, но и из коры ствола ниже вырезки в верхние части растения; поэтому *Гартиг* принимает перемещение запасного материала весною из коры по горизонтальному направлению в древесину, а затем по последней вверх по растению; воззрение, как мы видели, не вполне согласное с опытами *Ганштейна*.

О плаче растений

Вытекание сока, сопровождающее у многих растений начало разрастания побегов, называется весенним плачем растений. Этим именем обозначают вытекание жидкости (пасоки) из пораненных мест, наблюдаемое у некоторых древесных пород весною до распускания почек. Оно обратило уже на себя внимание *Гелеса*[167] в XVIII столетии. *Гелес* расследовал вытекание пасоки у виноградной лозы. Если весною до распускания почек срезать у лозы ветвь или ствол или же произвести только надрез до древесины, то из пораненного места начинает вытекать водянистая, прозрачная жидкость — пасока. Из ствола лозы в $^1/_2$ дюйма в диаметре, срезанного на высоте 5 футов над землею, удавалось получать, по указанию *Шлейдена*, в продолжение семи дней более 9 фунтов сока. Наибольшее количество сока дают некоторые из древесных пород. *Клерк*[168] сообщает следующие числовые данные: из Acer saccharinum ему удалось добыть в продолжение двух недель 70 фунтов сока, заключавших 1,5 фунта тростникового сахара. Суточное выделение достигло максимума 23 марта и равнялось 10 фунтам 3 унциям. Среднее количество пасоки, доставляемое A. saccharinum в год, *Клерк* нашел равным 60 фунтам с содержанием 2 фунтов сахара; но в числе исследованных экземпляров оказался один, из которого в год вытекло 1400 фунтов пасоки, заключавших 40 фунтов сахара. Замечательно, что, по наблюдениям *Клерка*, столь громадная потеря сока не отзывалась вредно на росте клена, а равно и виноградной лозы. Ему случалось видеть клены, из которых 50 лет кряду производили вытекание пасоки; между тем ни уменьшения саха-

---

167 *Hales*. Statique d. vegetaux, 1735.

168 *Clark*. The circulation of sap in plants. Boston, 1874 и 1875. Boston, 1874. См.: Реферат. Flora, 1875; p. 507 и 555.

ра, ни других повреждений в них заметно не было. Наибольшее количество пасоки из всех древесных пород может доставлять, по *Клерку*, береза. Различные экземпляры Betula lenta, B. lutea, B. germanica, пробуравленные 19 марта, начали выделять пасоку 25 марта; количество пасоки возрастало до конца апреля, когда достигло 15 фунтов в сутки, затем оно начало убывать и вскоре совершенно прекратилось. Один из экземпляров Betula lenta выделил менее чем в два месяца 1486 фунтов пасоки; максимум суточного выделения равнялся 63 фунтам 4 унциям. Вытекание пасоки из надземных частей растений обнаруживается весною, вслед за первыми оттепелями; в первые дни оно незначительно; но затем постепенно возрастает и, достигнув через некоторое время максимума, начинает постепенно убывать, а ко времени распускания почек совершенно прекращается.

Измерение количества вытекающей пасоки и силы, с которою она выделяется из растений

Гелес первый наблюдал, что пасока вытекает из срезанного конца лозы с очень значительной силой. Желая задержать ее выделение, он перевязал срезанный конец лозы пузырем; оказалось, однако, что сила, с которою выдавливалась пасока, была столь велика, что от ее напора пузырь сперва сильно вздулся, в затем лопнул. Тогда он прикрепил к срезанному концу стебля лозы стеклянную вертикальную трубку в 21 фут высоты; через несколько времени она переполнилась пасокой, избыток которой стекал вниз по стенкам трубки.

Для более точного измерения силы, выгоняющей жидкость из ствола, *Гелес* прикрепил к срезанному концу лозы ртутный манометр; вытекающая жидкость теснила ртуть и поднимала ее во внешнем колене манометра; разницею высот ртути в коленах манометра измерялась сила давления пасоки. В опытах *Гелеса* она доходила до 103 см, т. е. приблизительно равнялась давлению 1,5 атм. Наибольшая высота, до которой поднималась ртуть в манометре, прикрепленном над лозою, была получена *Нейбауером*[169] и равнялась 112 см. На древесных породах *Клерк* наблюдал поднятие ртути гораздо более значительное. Максимум поднятия ртути пасоки Acer saccharinum равнялся давлению столба воды в 31,73 фута, максимум давления сока Betula lenta — 84,77 футам воды; приблизительно одинаковое давление обнаружил длинный корень березы, отделенный от дерева на расстоянии 10 футов от ствола.

Примечание. Весьма сходное с весенним плачем растений вытекание сока представляет ствол Agave americana при срезывании перед цветением. Agave цветет всего только раз; иногда проходит около ста лет до образования соцветия; необходимый для разрастания соцветия материал, отложенный в стволе и мясистых листьях, переходит затем в раствор и переносится в соцветие. Из срезанного перед цветением ствола Agave вытекает жидкость в очень большом количестве; *Гумбольду* удавалось собирать в 24 часа до 220 кубических дюймов жидкости, причем вытекание ее было неравномерное; на день приходилось $^5/_8$, на ночь $^3/_8$ всего количества; до полудня

[169] *Neubauer.* Ann. d. Oenol. B. 4; 505 (цитата по *Детмеру*).

$^2/_8$, после полудня $^3/_8$. По наблюдениям *Сарториуса*, из сильно развитого экземпляра Agave вытекало в сутки 375 кубических дюймов жидкости; вытекание продолжалось от 4 до 5 месяцев, так что одно растение выделяло до 45 000—50 000 кубических дюймов сока [170].

Уже *Гелес* заметил, что в вытекании пасоки виноградной лозы проявляются весьма значительные колебания; в первые дни плача оно сказывалось в периодически изменяющейся скорости поднятия столба ртути; в последние же дни в определенный час выделение пасоки совершенно прекращалось или даже часть пасоки всасывалась обратно и столб ртути в манометре понижался. Понижение начинало обнаруживаться ежедневно с 9—10 часов утра и только с 4—5 часов вечера столб ртути опять возрастал постепенно до следующего утра.

Уже выше я упомянул о том, что вытекание пасоки весною из воздушных частей растения удается наблюдать также у различных древесных пород, между которыми особенно обильное выделение обнаружили береза и клен; количества получаемой от них пасоки уже приведены выше. Интересные сравнительные данные о вытекании из них пасоки находятся у *Шрёдера* [171]. Около Дерпта плач клена продолжается 30 дней, березы — 48 дней. В обоих деревьях вытекание раньше всего обнаруживалось в корне, несколько позже в стебле. При посредстве целого ряда отверстий (до 10), произведенных в стволе на расстоянии 1 м одно над другим, удалось убедиться, что вытекание пасоки из них начиналось не одновременно, а проявлялось тем позже, чем выше было отверстие, запаздывая в каждом следующем отверстии на два дня. Вместе с тем оказалась различною и продолжительность периода плача; чем выше было отверстие, тем скорее прекращалось вытекание пасоки; из нижнего отверстия ствола она выделялась в продолжение 31 дня, из верхнего — всего 2 дня.

С высокой изменяется и давление, под которым вытекает пасока. Весьма обстоятельные измерения давления пасоки на различных высотах были произведены *Брюке* [172] над виноградною лозою; он не только нашел их различными, но пришел к заключению, что разница высот ртути в манометрах вызывается исключительно гидростатическим давлением жидкости в растении. По мнению *Брюке*, жидкость, заключенная в лозе во время плача, переполняет ее настолько, что движется в ней совершенно свободно и оказывает поэтому такое давление на ртуть прикрепленных к ней манометров, какое производил бы сосуд, наполненный жидкостью. Заключения эти требуют, однако, еще проверки; по крайней мере, показания *Гофмейстера* их не вполне подтвердили. *Гофмейстер*, правда, тоже утверждает, что нередко разница высот ртути в манометрах, прикрепленных на разной высоте на одной и той же лозе, соответствует вполне различию гидростатического давления, но еще чаще ему случалось наблюдать уклонения в ту или другую сторону; наблюдаемая разница открывалась менее значительною, чем вычисленная, в то время, когда

---

170 По цитате: *Sachs*. Handbuch d. Experimentalphysiol., p. 201 (1865).
171 *Schröder*. Land. Vers. 14; 108.
172 *Brücke*. Pogg. Ann. 63, 177 (1844).

высота ртути в манометрах возрастала, и, напротив того, превышала вычисленную, если наблюдение производилось во время понижения ртути в манометре. Кроме того, *Гофмейстер*[173] приводит ряд цифр над изменением высоты ртути в манометре, прикрепленном к длинной горизонтальной ветви, которая была приводима попеременно в два положения: вертикальное и горизонтальное; прикреплённый к ней манометр обнаруживал изменения, не соответствующие гидростатическому давлению. Ввиду, однако, различных возможных побочных влияний опыт этот мне не кажется вполне доказательным. Все же остальные данные говорят скорее в пользу *Брюке*, с некоторыми только ограничениями, указанными *Гофмейстером.*

Вытекание пасоки весною из надземных частей растений (весенний плач) оказалось свойственным только сравнительно немногим древесным породам. Уже у *Гофмейстера*[174] находятся определенные указания на то, что плач наблюдается у растений весьма различных, между тем как растения близкие, принадлежащие к родам одного и того же семейства, по отношению к плачу обнаруживают весьма резкие различия. Так, например, по опытам *Гофмейстера*, у Betula и Carpinus наблюдается весною весьма обильное вытекание пасоки, между тем как Quercus, Populus tremula, Morus alba, Pyrus и Robinia не выделяют вовсе сока; подобное различие представили Vitis vinifera с весьма обильным весенним плачем и близкое к виноградной лозе Menispernum canadense.

Сходные показания находятся в работе *Клерка*[175]: у большей части исследованных деревьев и кустарников он не наблюдал плача ни в какое время года при поранении надземных частей. Из 60 исследованных видов ему удалось найти весенний плач только у Betula, Acer, Vitis, Ostrya и Juglans; к сомнительным случаям он причисляет Fagus и Carpinus.

Примечание. У Carpinus весенний плач наблюдал *Бейер.*

Из приведенных примеров с достаточною ясностью следует, что явление плача нельзя рассматривать за непременное условие перемещения пластического материала из ветвей, ствола и корня в нарастающие части; оно представляет явление как бы случайное, свойственное некоторым только древесным породам, но не необходимое для развития весенних побегов.

Вытекание пасоки из корней. Давно уже было известно, что у вышепоименованных растений пасока вытекает весною не только из надземных частей растения, но и из корня. *Гофмейстер*[176] первый обратил внимание на вытекание пасоки из корня, отделенного от растения, и показал, что оно отличается существенным образом от выделения жидкости надземными частями двумя особенностями: во-первых, тем, что не прекращается ко времени распускания почек, как в воздушных частях, но продолжается непрерывно до глубокой осени, вплоть до конца периода вегета-

[173] *Hofmeister.* Flora, 1858, p. 4.
[174] *Hofmeister.* Flora, 1862, p. 118.
[175] *Clark.* The circulation of sap in plants (Boston, 1874).
[176] *Hofheister.* Flora, 1858; 1 и 1862; 97.

ции; во-вторых, тем, что оно присуще не только корням немногих древесных пород с весенним плачем, но и всем остальным растениям, как древесным, так кустарниковым и травянистым.

Притом сила, с которою выгоняется пасока из корня, не уменьшается в продолжение лета и только к осени несколько слабеет. Так, например, 21 июня ртуть в манометре, прикрепленном к корню виноградной лозы, поднялась до 690 мм, 3 июля — до 618, 8 июля — до 748; 1 августа — до 575 и 1 сентября — до 355 мм. Разница проявилась только в скорости вытекания пасоки: 23 апреля в продолжение 24 часов пасока вытекала из корня, имевшего 11 мм в диаметре, со скоростью 20,131 г в час, между тем как из подобного же корня 9 июля выделялось в час всего 1,219 г пасоки. Соответствующий результат получился из сравнения скорости поднятия ртути в манометре до определенной высоты: 8 мая ртуть достигла в 3 часа той высоты, для которой 19 июля потребовался 31 час, а 25 июля — 48 часов [177].

Вытекание пасоки из корней травянистых растений *Гофмейстер* наблюдал:

	Равное давлению столба ртути, мм
у Atriplex hortensis	66
» Chrysanthemum coronarium	14
» Digitalis media	461
» Papaver somniferum	212
у Phaseolus multiflorus	87
в конце прорастания [178]	
id. » »	159
» Urtica urens вполне выросшей	354
id. » »	247
id. » »	283

У *Гофмейстера* сведены также цифры, изображающие количество сока, полученное из срезанных близ почвы травянистых растений (корней); из них видно, что объем вытекшей жидкости в см³ превышал объем корней, которые ее выделяли, в несколько раз.

	Объем корня, см³	Объем выделенной жидкости, см³
Urtica urens	1350	3 025
» »	1450	11 260
» »	2100	4 080
Solanum nigrum	1530	1 800
Brassica oleracea	1100	2 210
Helianthus annuus	3370	5 830

[177] *Hofmeister.* Flora, 1862, p. 7.
[178] Ib. См. таблица, с. XVI и след.

Еще большие количества пасоки получены из различных травянистых растений (Solanum tuberosum, Helianthus annuus и Silybum Marianum) *Саксом*[179]. В виде примера приведу только цифры, относящиеся до подсолнечника.

Подсолнечник был выращен в большом горшке с землею.

Месяц и число	Часы	Количество вытекшей пасоки, см³	Месяц и число	Часы	Количество вытекшей пасоки, см³
30 июля	2½ после полудня	0	2 августа	7 утра	8 321
»	6 » »	5 338	»	9 »	3 140
»	8 » »	1 884	»	2 после полудня	9 106
31 июля	6½ утра	11 147	3 августа	7 утра	23 550
»	8 »	3 218,5	»	10 »	6 180
»	10 »	4 710	»	12½ после полудня	5 672
»	12 »	4 867	»	3 » »	4 867
»	5½ после полудня	12 010,5	»	6 » »	7 322
»	8½ » »	7 457,5	»	7½ » »	1 727
1 августа	5 утра	13 109,5	4 августа	6 утра	10 823
»	8 »	4 239			
»	3 после полудня	13 109,5			
»	6 » »	4 396			
»	7½ » »	1 884			

Весьма удобные и простые приборы для измерения количества и силы, с которою вытекает жидкость из срезанного близ поверхности земли растения, изображены в прилагаемых рис. 87 и 88.

О составе пасоки имеются исследования *Нейбауера, Бейера* и *Шрёдера*. *Нейбауер*[180] исследовал состав пасоки виноградной лозы. Вытекающая из лозы жидкость была совершенно прозрачна и имела среднюю реакцию. После непродолжительного пребывания на воздухе в ней появлялся аммиак; из 5105 см³ сока удалось получить 0,259 г азотнокислого аммиака. Литр жидкости содержал средним числом 1,3796 г органических соединений и 0,7408 г минеральных солей. Замечательно, что свежевытекший сок вовсе не заключал сахара; он появлялся позже, при выпаривании жидкости в водяной ванне, одновременно с обнаружением выделения пузырьков углекислоты; при этом жидкость делалась желтою и выделяла осадок фосфорнокислого кальция. В выпаренном досуха осадке находилась азотная кислота. Кроме углекислоты и неорганических солей (азотнокислого калия, фосфорнокислого кальция, гипса и солей

[179] См.: *Hofmeister*. L. c., таблица, с. XII.
[180] *Neubauer*. Ann. d. Oenol. 4; 115 и 499. (Just. Jahresb. 1874; 854).

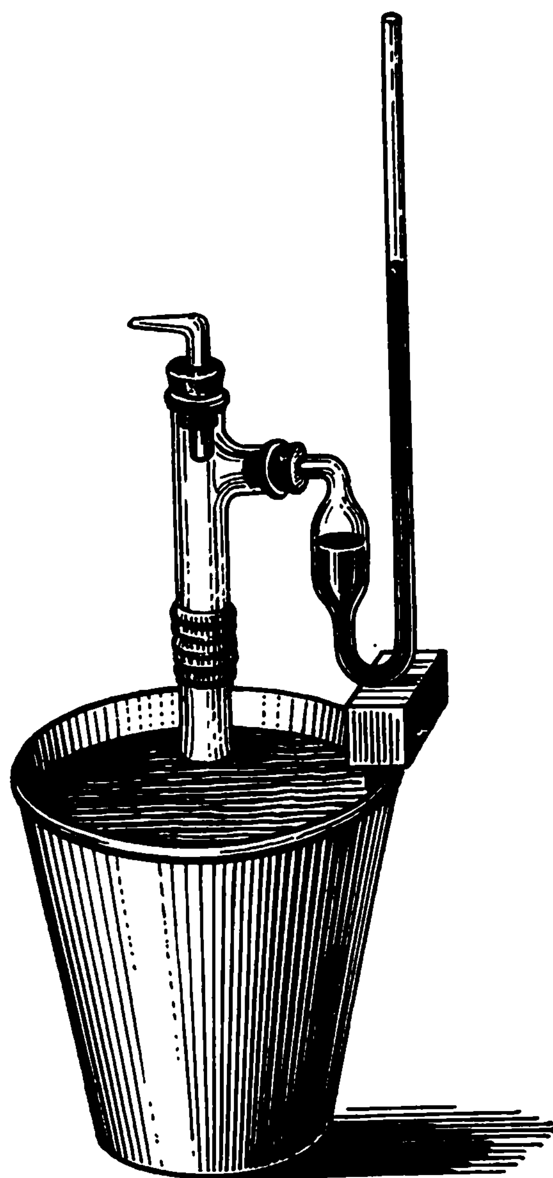


Рис. 87. Прибор для измерения силы вытекания пасоки

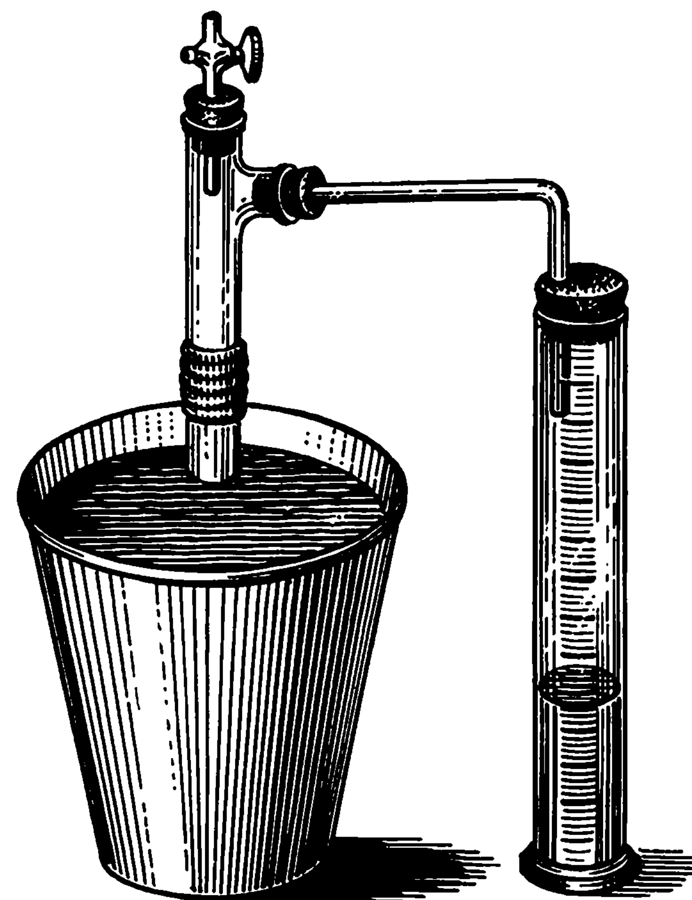


Рис. 88. Прибор для измерения количества вытекающей пасоки

аммиака), *Нейбауер* нашел соединения магния с какой-то органической кислотою, гумми, сахар, виннокаменнокислый кальций, инозит, янтарную кислоту, щавелевую и значительное количество вытяжных веществ.

Состав пасоки березы и клена был подробно расследован *Шрёдером* [181]. Преобладающею составною частью пасоки березы оказался сахар, именно исключительно плодовый, отклоняющий поляризованный луч света влево; кроме сахара, заключались в нем небольшие сравнительно с сахаром количества белковых тел и яблочной кислоты; ни углекислоты, ни щавелевой, ни виннокаменной, ни лимонной в нем не было. Содержание этих соединений в пасоке изменялось в разные периоды плача; количество сахара и белковых тел возрастало постепенно в первые дни плача; затем, достигнув максимума, убывало столь же постепенно вплоть до прекращения вытекания пасоки. Содержание яблочной кислоты и минеральных соединений не только не уменьшалось, но увеличивалось к концу плача. Состав пасоки оказался, кроме того, различным, смотря по высоте отверстия, из которого ее собирали. Наибольшее содержание сахара заключал сок в стволе, на высоте от 2 до 3 м; кверху и книзу от этого места количество его убывало.

Следующие таблички поясняют сказанное.

[181] *Schröder*. Land. Vers. 14, 118 (1871).

Литр пасоки, вытекший из отверстия, сделанного близ поверхности земли, содержал (в г):

Месяц и число	Плодового сахара	Белка	Яблочной кислоты	Золы	Месяц и число	Плодового сахара	Белка	Яблочной кислоты	Золы
5 апреля	12,5	—	—	—	1 мая	10,3	0,0170	0,5280	—
8 »	13,9	—	—	—	2 »	10,1	0,0065	—	1,08
9 »	14,0	—	—	—	3 »	10,1	—	—	—
10 »	14,0	0,0200	—	—	4 »	10,3	0,0068	—	—
11 »	13,5	—	0,3324	0,50	5 »	10,2	—	—	—
12 »	13,5	0,0287	—	—	6 »	10,6	0,0072	—	0,86
13 »	13,0	—	—	0,53	7 »	9,6	0,0099	0,4364	—
14 »	12,7	0,0241	0,2340	—	8 »	9,6	—	—	—
15 »	12,5	0,0307	—	0,57	9 »	9,8	—	0,4207	—
16 »	12,0	0,0330	0,4493	—	10 »	9,4	—	—	0,88
17 »	10,9	0,0213	—	0,64	11 »	9,0	—	0,3564	—
18 »	11,1	—	0,5157	—	12 »	8,9	—	—	0,86
19 »	10,9	—	—	0,72	13 »	8,4	—	0,3459	—
20 »	10,6	—	0,5203	—	14 »	8,0	—	—	0,91
21 »	10,8	—	—	0,87	16 »	9,2	—	—	—
22 »	10,9	—	0,3794	—	17 »	9,0	—	—	—
23 »	—	—	0,3794	—	18 »	9,4	—	—	0,97
24 »	10,6	0,0273	—	0,90	19 »	9,4	0,0069	0,4379	—
25 »	9,6	—	0,5564	—	20 »	7,1	—	—	—
26 »	10,4	—	—	1,00	21 »	7,3	—	—	—
27 »	10,5	0,0165	0,6071	—	22 »	6,9	—	—	—
28 »	10,1	0,0155	—	1,06					
29 »	9,9	—	0,5642	—					
30 »	10,4	—	—	—					

Различное содержание сахара в пасоке, смотря по высоте отверстия, из которого она вытекала, ясно выражено в следующих цифрах:

Высота отверстия над поверхностью земли, м	Литр сока содержал плодового сахара, г 14 апреля	19 апреля
0	13,9	11,1
1	13,2	11,9
2	13,2	13,1
3	16,0	12,9
4	12,4	12,1
5,5	6,3	7,4
7	7,4	6,6

Содержание золы в пасоке и изменения ее в зависимости от времени вытекания и высоты отверстия тоже исследованы *Шрёдером.*

Литр пасоки березы содержал золы (в г):

На высоте 0,28 м от земли				На высоте 7,33 м от земли				На высоте 0,2 м	Пасока из корня на расстоянии от ствола		
									0,42 м		2,9 м
18 апреля	20/21 апреля	22/23 апреля	30 апреля	18 апреля	20/21 апреля	22/23 апреля	30 апреля	9 мая	7 мая	10 мая	10 мая
0,52	0,66	0,82	1,14	0,29	0,34	0,42	0,54	0,87	0,81	0,78	0,68

NB. **Цифры эти относятся**, по-видимому, к нечистой золе, т. е. к золе с углекислотою.

Параллельное расследование состава пасоки клена обнаружило некоторые существенные различия от березы: в ней также были найдены сахар, белковые тела и яблочная кислота. Преобладающим и здесь оказался сахар, но не плодовый, а тростниковый без малейшей примеси сахара, раскисляющего фелингову жидкость. Пасока клена заключала значительно больше сахара и белковых тел, чем береза. Содержание тростникового сахара колебалось в первое время плача между 20 и 30 г в литре пасоки. Сахар и белковые тела тоже убывали в пасоке к концу плача, но не в такой мере, как в березе. Количество сахара возрастало в клене с высотою до самой вершины; корень вблизи ствола был богаче сахаром, чем основание ствола. Содержание минеральных соединений убывало к концу плача.

Бейер[182] исследовал пасоку березы и граба (Carpinus, Betula). В общем получились результаты, подтверждающие выводы *Шрёдера*. Пасока граба оказалась отличающейся от березы меньшим содержанием сахара (=4,60 г на литр пасоки); какой сахар содержала пасока, осталось невыясненным. По отношению к минеральным составным частям разница сказалась в значительном содержании марганца в пасоке граба и в большом количестве окиси железа в золе пасоки березы.

Суточная периодичность в вытекании пасоки. Уже первый исследователь над вытеканием пасоки — *Гелес* заметил в ней суточную периодичность. Опыты его все относятся до надземных частей виноградной лозы; он заметил наиболее энергичное поднятие ртути в манометрах утром в различные часы, между восходом солнца и 9 $^1/_2$ часами утра; после этого ртуть в манометре обыкновенно опускалась до 4—5 часов вечера, а с этого времени до утра опять прибывала. Часы максимума и минимума поднятия пасоки в воздушных частях растений оказались совершенно не совпадающими с соответственными колебаниями давления пасоки в корнях. По *Гофмейстеру*[183], манометры, прикрепленные к растению, срезанному у почвы, обнаруживали максимум поднятия ртути

---

[182] *Beyer*. D. chem. Ackersmann. 1865, p. 26. (Jahresb. Agric. Chem. 1865, 167).
[183] *Hofmeister*. Flora. 1858, p. 1 и 1862, 168.

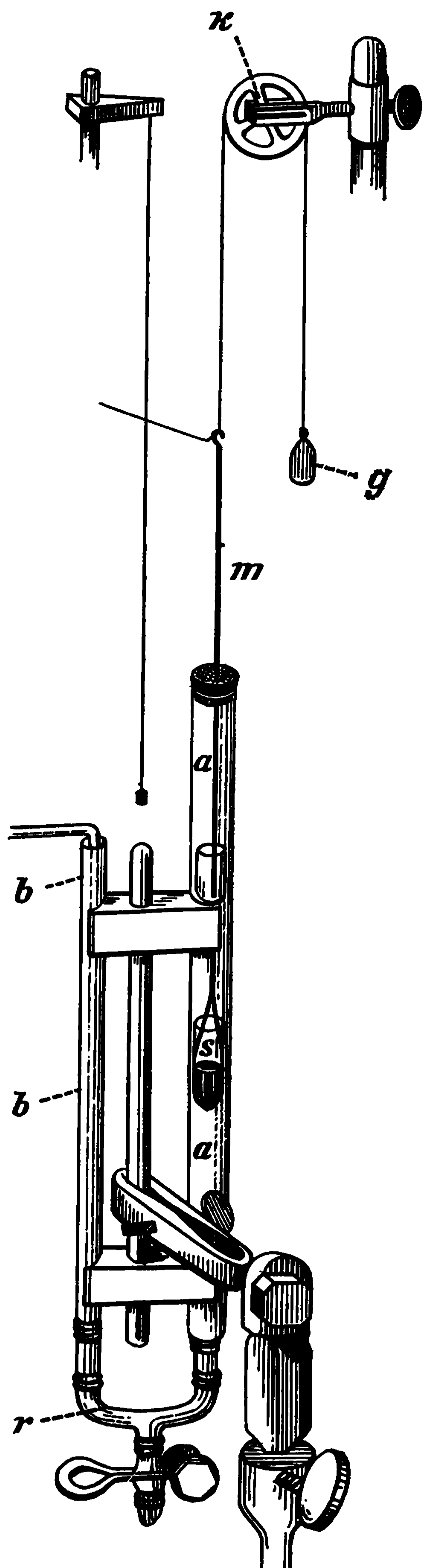


Рис. 89

между $7^1/_2$ часами утра и 2 часами пополудни; иногда удавалось наблюдать второй максимум вечером; в эти же часы происходило наиболее обильное вытекание пасоки. Уменьшение вытекания пасоки из надземных частей растения в те часы, когда деятельность корней наибольшая, совершенно естественно объясняется усиленным испарением жидкости от нагревания солнцем [184]. Ввиду этого обстоятельства, а равно и возможного влияния солнца в диаметрально противоположном смысле [185] на вытекание пасоки из надземных частей растений особенно внимания заслуживают опыты над истечением жидкости из перерезанных корней или стеблей, срезанных на уровне почвы [186].

Исследования *Гофмейстера* над травянистыми растениями, выращенными в горшках с землею, представляли уже гораздо большую точность, чем все предшествующие, произведенные над древесными породами под открытым небом; этим приемом уже было устранено влияние случайных изменений температуры воздуха и древесины, не подлежащая контролю влажность почвы и гидростатическое давление сока.

Опыты *Гофмейстера* тем не менее представляли еще неточности, обусловленные, между прочим, тем, что измерения количеств вытекающего сока производилось через неравные промежутки времени. Желая исправить этот недостаток, *Баранецкий* [187] прибегнул к устройству самопишущих приборов. Устройство одного из них (рис. 89) основано на принципе поплавка, который с возвышением уровня жидкости в трубке поднимается и снабжен стрелкою; положение поплавка отмечается стрелкою на вращающемся цилиндре, покрытом бумагой, зачерненной сажей. Самопишущий прибор составлен из двух трубок, разделенных на части определенного объема и калиброванных; из них трубка (*a*) имела в диаметре от 8 до 10 мм, трубка (*b*) не более 2 мм. Они сообщались между собою посредством трубки (*r*), изогнутой в форме буквы Т; отходящая вниз часть ее всажена в

[184] *Hales*. Statique d. vegetaux, 1735, p. 109.
[185] *Hales*. Ib. p. 98.
[186] *Sachs*. Bot. Zeit. 1860, 253.
[187] *Баранецкий*. О периодичности плача травянистых растений. 1872.

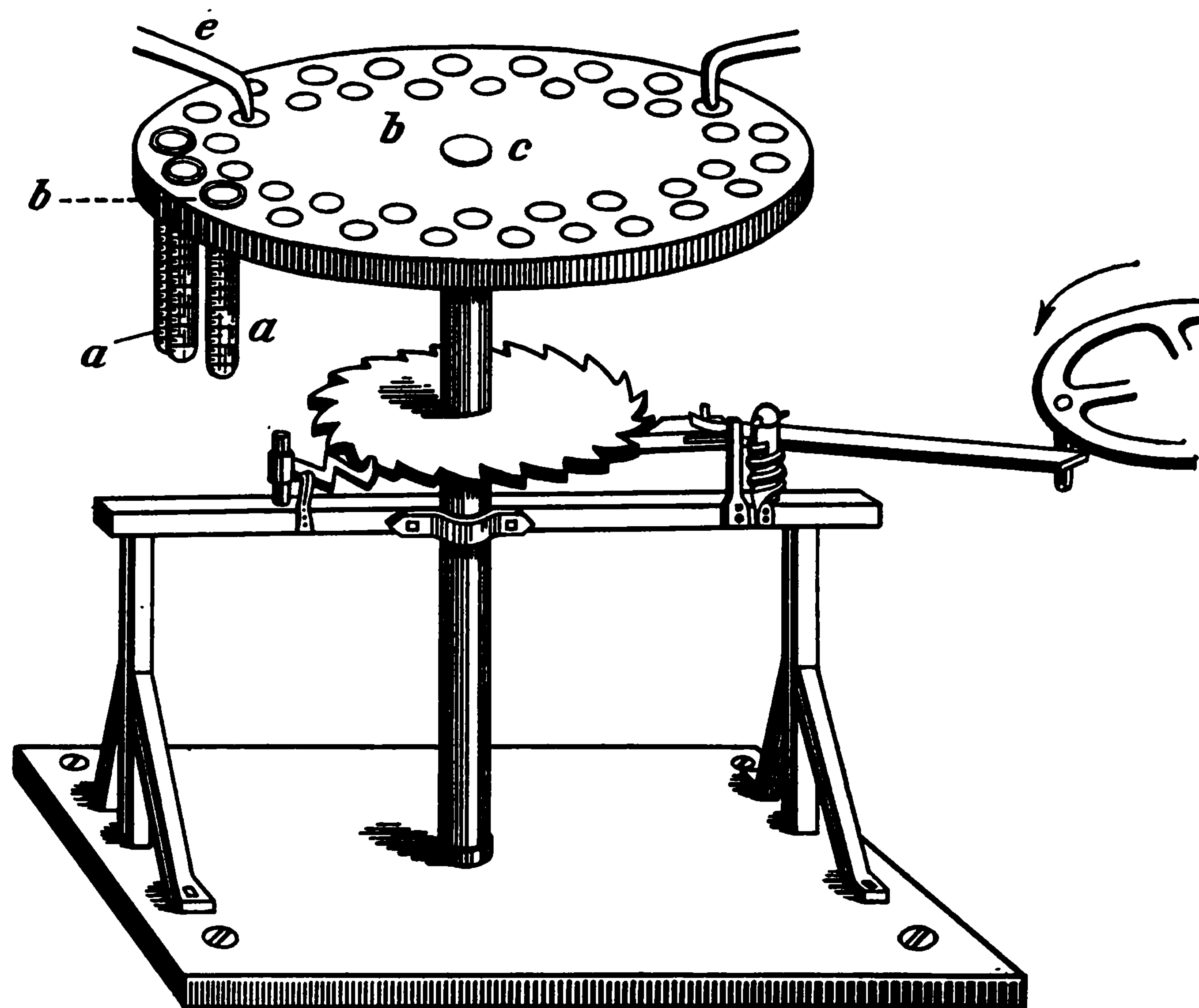


Рис. 90

каучук и закрывается зажимом. Трубки были взяты таких размеров, что 1 см^3 воды поднимал уровень воды в трубке (*a*) на 25—26 мм, так что возвышение в ней уровня воды на $^1/_4$ мм соответствовало прибыли воды в 0,01 см^3; следовательно, сотые доли сантиметра могли быть измеряемы этим прибором. В узкую трубку (*b*) вливалась вода из растения; в широкой (*a*) помещался поплавок (*s*). Поплавок имел форму обыкновенных бюретных поплавков Мора и состоял из короткой запаянной стеклянной трубки (в 3 см длины) с ртутью внутри; его необходимо было приладить так, чтобы он имел приблизительно диаметр трубки и в то же время двигался в ней свободно. К верхнему концу поплавка была прикреплена посредством сургуча совершенно прямая стеклянная нить (*m*) (в 1,5—2 мм толщины). Чтобы сделать поплавок более подвижным, он уравновешивался грузом (*g*), подвешенным на шелковинке, перекинутой через блок (*k*). Этим способом поплавок удерживался постоянно в вертикальном положении и двигался правильно и равномерно при самом незначительном изменении уровня жидкости. Трубки (*a* и *b*) вмещали вместе до 12 см^3 жидкости; в большинстве случаев поэтому прибор мог действовать в продолжение суток, часто гораздо более долгое время. Второй аппарат был устроен *Баранецким* на совершенно другом начале (рис. 90); вытекающая жидкость распределялась в отдельные трубочки (*a*), подставляемые к растению на час времени. Трубочки, предназначенные для собирания вытекающей жидкости, размещались в отверстия (*b*), сделанные по окружности горизонтального деревянного круга (*c*). Последний вращался во-

круг вертикальной оси, которая при посредстве часового механизма приводилась в движение. Движение оси было неравномерное и так прилажено, что ось с деревянным кружком и пробирками передвигалась через каждый час на угловое расстояние, разделяющее две смежные трубочки. Передвижение это совершалось моментально, после чего аппарат оставался неподвижным ровно час времени. Затем вновь перемещался настолько, что под отверстие, из которого вытекала жидкость, подставлялась следующая трубочка, и т. д. Для более удобного собирания вытекающей жидкости прикреплялась к срезанному растению посредством каучука в горизонтальном положении стеклянная трубочка (*e*), оттянутая в узкий конец, загнутый книзу.

Влияние влажности почвы было устранено тем, что перед началом опыта почва смачивалась водою до насыщения, после чего горшок с землею вставлялся в жестяной, плотно закупоренный сосуд; этим способом совершенно устранялась потеря жидкости из прибора через испарение. Во время опыта поддерживалась температура по возможности одинаковая или же намеренно подвергалась изменениям в определенном направлении.

Баранецкий подтверждил указанную *Гофмейстером* независимость периодичности вытекания сока от температуры. Периодичность в вытекании жидкости проявилась чрезвычайно наглядно в опытах, во время которых колебания температуры не превосходили ни разу 0,5° С, часто не превышали даже 0,2° С в течение суток. Максимумы и минимумы вытекания пасоки тем не менее приходились каждый день в определенный час и повторялись ежесуточно с замечательною правильностью и постоянством. Приложенные к статье *Баранецкого* таблицы весьма ясно показывают графически изображенную суточную периодичность вытекания сока. Только при быстром изменении температуры почвы на 10° С и более проявлялось ее влияние на истечение жидкости из растения, и последнее изменялось соответственно ходу температуры.

Часы максимума и минимума вытекания сока оказались различными у видов растений одного и того же рода. Неверным нашел *Баранецкий* общепринятое положение, что максимум вытекания сока будто имеет место исключительно в ранние часы дня. Максимум суточного плача у Helianthus tuberosus оказался между 5 и 6 часами вечера, минимум — между 4 и 8 часами утра. У других видов Helianthus, например у H. annuus, максимум наблюдался в более ранние часы, именно между 12 и 2 часами пополудни; также у Ricinus insignis — между 8 и 10 часами утра; соответствующие минимумы отстояли обыкновенно от максимумов часов на 12.

Баранецкий, кроме того, нашел, что этиолированные растения вовсе не обнаруживают периодичности плача и что при выращивании растений на свету она проявляется мало-помалу с возрастом растения. Оба эти вывода представляют особенный интерес как подтверждение наиболее выдающегося результата работы *Баранецкого*, «что суточная периодичность плача есть лишь отдаленное последствие внешних деятелей и не обусловливается *непосредственным* их влиянием».

Баранецкий[188] пришел к этому предположению, имея в виду, что «растения подвержены беспрерывно в продолжение всей жизни совершенно правильно, каждые сутки повторяющимся изменениям в интенсивности света — самого важного фактора растительной жизни».

В пользу вышеприведенного вывода говорят еще следующие факты.

1. Уменьшение суточной периодичности в вытекании пасоки, вызванное предварительным пребыванием растения в темноте. Экземпляр Helianthus annuus, оставленный предварительно в темноте в продолжение 10 дней, был срезан у основания близ почвы и подвергнут исследованию. Вытекание жидкости под влиянием десятидневного пребывания растения в темноте обнаружило лишь незначительную суточную периодичность.

2. Возможность перемещения по произволу максимума и минимума вытекания жидкости на часы более поздние или ранние посредством изменения времени освещения растения солнцем в период, предшествующий началу опыта. С этой целью Helianthus tuberosus и Ricinus insignis были воспитываемы продолжительное время до начала опыта таким образом, что некоторые экземпляры выставлялись на свет лишь с раннего утра до полудня, другие только от полудня до вечера. Для этих опытов были взяты растения уже достаточно развитые. Согласно ожиданию, ход кривых, изображающих вытекание сока, в обоих случаях был совершенно правильный, но они во всех частях оказались передвинутыми одна относительно другой на несколько часов. При сравнении с кривой нормально выращенных растений *Баранецкий* нашел у последних времена максимумов и минимумов вытекания сока в средине между соответствующими местами кривых, полученных от растений, освещенных предварительно, только в продолжение половины дня. Максимумы и минимумы растений, освещаемых до полудня, падали на часы более ранние; в растениях же, выставленных на свет с полудня до вечера,— в часы более поздние сравнительно с нормальными.

Передвижение почвенного раствора в растениях под влиянием испарения воды

Мы видели, что воздушные части растений беспрерывно теряют воду через испарение и что убыль воды восполняется при посредстве корней из почвы. Испарение становится особенно сильным в теплое время года, после распускания листьев, и вместе с ним значительно усиливается всасывание водного почвенного раствора корнями. Из корней жидкость разливается по всему растению и доходит до последних его разветвлений; этот ток жидкости, поднимающийся вверх по растению, обозначают названием *восходящего сока*; этим же именем называют жидкость, переполняющую растение весною и вытекающую из надреза. Жидкость, всасываемая корнями вследствие испарения воды листьями, отличается от пасоки по своему составу; она не содержит органических соединений

---

[188] *Баранецкий.* L. c., p. 48.

и представляет лишь весьма слабый водный раствор неорганических солей.

Исследование пути передвижения почвенного раствора. Выше было указано, что кольцеобразная вырезка коры не задерживает развития частей растения выше вырезки; все количество воды и сырой пищи, необходимое для восполнения испаряемой воды и для питания этих частей, беспрепятственно доставляется им по древесине. С другой стороны, вырезывание древесины при возможно тщательном сохранении коры влечет за собою, напротив того, как показали опыты *Дюгамеля* и *Тревирануса* [189], быстрое отмирание части дерева выше вырезки.

При нормальных условиях восходящий ток жидкости поднимается в растении по древесине параллельно оси ствола или ветви. *Гартиг* сделал это очевидным, просверлив через ствол дерева два взаимно перпендикулярных, перекрещивающихся сквозных отверстия; затем три отверстия этой крестообразной вырезки были наглухо замкнуты пробками, четвертое же было соединено с сосудом, содержавшим окрашенную жидкость. Жидкость быстро всасывалась растением; несколько времени спустя дерево было срублено и распилено поперек по всей длине на цилиндрические отрезки. При этом обнаружилось, что вся всосанная жидкость заключалась в части дерева выше вырезки и окрашивала древесину; окрашенные ею места соответствовали крестообразной вырезке древесины, и везде, куда проникла окрашенная жидкость, виднелся на поперечном разрезе красный крест; часть ствола ниже вырезки осталась попрежнему совершенно бесцветною.

Гелесом, однако, уже было указано, что обусловленный испарением ток воды (почвенного раствора) может пробегать древесину в разных других направлениях, если воспрепятствовать перемещению жидкости по направлению, параллельному оси ствола или ветви. *Гелес* [190] произвел на отрезанной ветви дуба две глубокие, диаметрально противоположные вырезки до сердцевины на расстоянии 4 дюймов одну от другой; ветвь, погруженная нижним концом в воду, оставалась свежею, несмотря на значительное испарение воды. Подобный же результат получился при вырезывании из ствола четырех накрест поставленных одна под другую вырезок, доходящих до самой сердцевины.

Сюда же относится опыт *Гелеса* с тремя рядом стоящими яблонями. Среднее дерево было привито концами некоторых ветвей к ветвям остальных двух деревьев. После окончательного сращения привитых ветвей со смежными деревьями корень среднего осторожно вынут был из земли и оставлен на воздухе. С этого времени среднее дерево могло получать необходимую влагу и пищу только при посредстве привитых ветвей, вытягивая ее из сращенных с ним деревьев. Тем не менее оно не только оставалось долгое время живым, но и разрасталось, несмотря на то что питательная жидкость протекала и двигалась в древесине по направлению, диаметрально противоположному нормальному.

---

[189] *Treviranus.* Physiolog. d. Gewächse, B. 1, p. 286 (1835).

[190] *Hales.* L. c., p. 115.

В последнее время сходный результат был получен *Урихом*[191] над буком, который оказался сросшимся посредством одной из ветвей со смежным буком; ветвь отходила от ствола на высоте 11 м и была сращена со смежным деревом на расстоянии 60 см от основания; она имела в этом месте от 8 до 9 см в диаметре.

В 1857 г. ствол этого бука был отделен от корня и оставлен висящим на ветви соседнего дерева. Он тем не менее остался живым и в следующие 20 лет разросся значительно в толщину, увеличив свой диаметр на 5 см; при этом он весил приблизительно 460 кг. В это же время бук, на котором висел последний, тоже разросся в толщину на целых 9 см, несмотря на то что значительная часть жидкости, всасываемой его корнями, потреблялась буком, висевшим на его ветви.

Определить элементы древесины, преимущественно проводящие вверх по растению почвенный раствор, до сих пор не удалось вследствие непригодности употребленных для этой цели приемов. Старались разрешить этот вопрос двумя способами: 1) в растение вводили последовательно две жидкости, дающие между собою осадок, и из мест отложения осадка заключали о путях передвижения жидкости по растению или же 2) заставляли растение всасывать непосредственно окрашенные жидкости. В первом случае поливали почву последовательно раствором железисто-синеродистого калия и железного купороса или, оставив растение некоторое время в почве, политой раствором железисто-синеродистого калия, вырезывали из растения пластинки, которые обрабатывали раствором железного купороса. Прием этот оказался, однако, неудобным вследствие того, что железисто-синеродистый калий чрезвычайно вреден для растения. Верхушки корней оказывались отмершими, вследствие чего жидкости была предоставлена возможность проникать в растение через обнаженные сосуды, т. е. иным путем, чем в растениях нормальных.

Второй прием — непосредственное всасывание растением окрашенных жидкостей — также оказался непригодным. Проникание внутрь пигмента и окраска тканей растений получались лишь в опытах с отрезанными ветвями или растениями, у которых случайно были повреждены корни; растения с корнями цельными принимали в себя, как уже показал *Гартиг*[192], лишь воду без пигмента, так что никакой окраски тканей не происходило. Этот факт был подтвержден впоследствии *Балионом*[193] и *Кове*[194]. Ввиду невозможности получения вышеописанными путями желаемого результата я не считаю нужным останавливаться на произведенных в этом направлении работах.

Определение скорости передвижения почвенного раствора. Неоднократные попытки определить скорость передвижения поднимающейся по растению жидкости также еще не увенчались успехом. Первые опыты с этой целью произведены были уже *Гелесом*; он вычислил скорость поднятия воды по стеблю подсолнечника из сопоставления количества испа-

[191] *Urich.* Forstwissensch. Centralbl. v. Baur, p. 468. (Just. Jahresb. 1879, p. 292).
[192] *Hartig.* Bot. Zeit. 1853, 309.
[193] *Baillon.* C. R. 80, 426 (1875).
[194] *Cauvet.* C. R. 81, 52 (1875).

ряемой воды и площади поперечного разреза стебля. Подсолнечник испарял в продолжение 12 часов 34 кубических дюйма воды; поперечный разрез ствола занимал площадь в 1 квадратный дюйм; если предположить, что стебель полый, то в 12 часов через него пришел бы столб воды в 34 дюйма высоты. По приблизительному расчету, *Гелес* принял, что $^1/_3$ разреза занята твердою массою и что только $^2/_3$ оставались свободными для движения воды, откуда он вывел, что в 12 часов должен был пройти через разрез стебля столб воды в $45^1/_2$ дюймов; при перечислении на секунды и миллиметры это число дает скорость, равную 0,03 мм в секунду. *Сакс* [195] справедливо замечает, что величина, найденная *Гелесом*, гораздо меньше действительной; по вычислению *Сакса*, нужно принять в данном случае скорость приблизительно в 3 раза большую.

Своеобразный способ для определения скорости восхождения воды по растению был предложен *Пфицером* [196]. Он оставлял растение без поливки почвы до тех пор, пока оно не начинало завядать. Затем почва смачивалась водою и наблюдалось время, когда листья начинали вновь приподниматься. Выводы из подобных опытов были признаны, однако, самим *Пфицером* сомнительными ввиду того, что поднятие листьев могло быть вызвано водою, находившеюся в растении до поливки почвы, и передвинутой только несколько вверх по растению напором жидкости, вошедшей в корни после смачивания почвы водою.

Третий способ определения скорости поднятия воды по растению принадлежит *Мек-Небу* [197] и состоит в том, что вводят в растение раствор соли лития, легко узнаваемой в минимальных количествах по окраске пламени при сожигании вырезанных из растения на различной высоте пластинок. К сожалению, полученные им результаты оказались неверными по двум следующим причинам; во-первых, он производил все опыты не над цельными растениями, а над отрезанными, неукоренившимися ветвями; во-вторых, найденная скорость поднятия в час времени представляет величины вычисленные, а не полученные непосредственно из опыта. *Пфицер*, проверявший опыты *Мек-Неба*, впал в те же ошибки. Подобно *Мек-Небу*, он погружал отрезок ветви (иногда срезываемой в растворе соли лития) нижним концом в воду и затем по прошествии одной или нескольких минут вырезывал из ветви поперечные пластинки ткани и расследовал на содержание лития. Зная время, прошедшее от погружения конца ветви в раствор соли лития до вырезывания пластинок, можно было определить скорость всасывания раствора. Полученные величины *Мек-Неб* и *Пфицер* перечисляли на час времени. Этим приемом *Мек-Неб* определил наибольшую скорость поднятия в ветви Prunus Lauro-Cerasus, равною 1,02 м в час. По *Пфицеру*, скорость поднятия раствора лития по растению гораздо большая; в некоторых случаях она достигала, по его определению, 33 м в час. Получение таких чрезмер-

---

[195] *Sachs.* Experimental physiol., p. 234 (1865).
[196] *Pfitzer.* Verhandl. d. naturhist. Vereins z. Heidelberg.
[197] *Mac-Nab.* Transactions of the botanical soc. of Edinbourgh, Vol. 11; 45 (1871). Его же: Transactions of Irisch Academy Dublin, 1874, p. 343.

ных цифр становится понятным, если только обратить внимание на открытое *Гёнелем* разрежение газов в замкнутой отовсюду сети полостей сосудов; неправильность перечисления высот поднятия раствора лития в первые минуты опыта на час времени не требует дальнейших разъяснений.

Сознавая ошибки в исследованиях *Мек-Неба* и *Пфицера*, *Сакс*[198] усовершенствовал этот прием, поливая раствором соли лития почву, в которой выращивались растения. Но и *Саксу* не удалось окончательно выяснить этого вопроса; открытие лития в золе растения с желаемою точностью удавалось лишь при поливке почвы раствором соли лития в 1—3%, т. е. при концентрации, непригодной для нормального питания растения; при употреблении же раствора более слабого реакция на литий получалась неопределенная. Этим обстоятельством, вероятно, объясняются значительные разницы в скорости поднятия жидкости, которая в опытах *Сакса* колебалась в пределах между 18 и 206 см в час. Во всяком случае, эти цифры гораздо больше подходят к искомым, чем числовые данные *Мек-Неба* и *Пфицера*.

Исследование ближайших причин передвижения пасоки и почвенного раствора по растению. Основываясь на предыдущих опытах, большинство исследователей (*Гофмейстер*, *Унгер* и *Сакс*) приписывают всасывание пасоки и поднятие почвенного раствора по растению деятельности корней; стебель же они приравнивают наставленной на корень трубке, которая лишь проводит жидкость вверх по древесине для покрытия потери воды через испарение. *Питра*, напротив того, не считая этого взгляда доказанным, поставил себе главною задачею расследовать, не может ли проявляться всасывание жидкости и выделение ее из верхнего конца в отрезках воздушных частей растения, например в кустах стебля, ветвей или в отдельных листьях. Первые его опыты[199] состояли в том, что он погружал срезанные ветви с листьями различных древесных пород в воду, оставляя поверх воды только срезанный конец ветви, и прикреплял к нему посредством каучука вертикальную стеклянную трубочку. По прошествии более или менее продолжительного времени появлялся над верхним концом отрезка столб воды, достигавший во многих опытах весьма значительной длины[200].

Ветвью	липы	был	выделен	столбик	воды	в 70	мм	длины
»	сосны	»	»	»	»	234,5	»	»
»	дуба	»	»	»	»	83	»	»
»	вишни	»	»	»	»	217,5	»	»
»	груши	»	»	»	»	54	»	»
»	ивы (Salix alba)	»	»	»	»	41	»	»

Ветви вбирали воду листьями и проводили ее в осевую часть ветви, из верхнего среза которой она выделялась.

[198] *Sachs*. Arbeit. d. bot. Instit. z. Würzburg.
[199] *Pitra*. Pringsh, Jahrbüch. 11, 437 (1878).
[200] *Pitra*. L. c., p. 452 и сл.

Примечание. По мнению *Питра*, эти опыты доказывают, между прочим, всасывание листьями воды в капельно-жидком виде; во многих опытах, однако, листья, по его показанию, оказывались сгнившими, так что остается нерешенным, насколько всасывание воды в данном случае являлось нормальной функцией листьев.

Подобное же накопление сока в надставленной трубочке обнаружили отрезки различных растений, покрытые соцветиями или несозревшими плодами, также (у некоторых растений) отрезки ветвей, с которых листья были предварительно удалены. Отдельные листья (Acacia heterophylla, Sorbus Aucuparia) производили лишь весьма слабое выделение воды; *Питра* поэтому приписывает преобладающую роль в выделении жидкости осевым частям отрезков ветвей. Слабое всасывание отрезков березы и сосны после срезывания листьев *Питра* объясняет особенностями их организации, так как у других древесных пород (рябины, вишни) удаление листьев не задерживало выделения воды. Так, например, в опыте 15 лишенная листьев ветвь Prunus Cerasus выделила столб воды в 142 мм [201].

Опыты с отрезками многолетних ветвей, лишенных почек и листьев, дали сходный результат. Ветвь погружалась в воду верхушкою; при этом нижний конец ее предварительно затягивался каучуком; чтобы облегчить воде доступ в древесину, *Питра* снимал на известном протяжении кору, а с остальной поверхности ветви удалял пробковую ткань.

Для определения силы, с которой выделялась жидкость из отрезка, наставная трубочка с водою заменялась манометром со ртутью.

Давление, под которым вытекала жидкость, выразилась в следующих цифрах [202]:

Отрезок	Betula alba	поднял	ртуть	на 75	мм
»	Sorbus Aucuparia	»	»	49	»
»	Prunus Cerasus	»	»	116	»
»	Pinus sylvestris	»	»	114	»
»	Populus pyramidalis	»	»	30	»

Просматривая список растений, отрезки которых выделяли воду, нельзя не заметить, что между ними находятся растения, которые при нормальных условиях никогда не обнаруживают плача, например хвойные и тополь. *Питра* приписывает выделение жидкости отрезками ствола и ветвей осмотическим процессам и считает доказанным активное участие их в поднятии жидкости по растению.

Подтверждая все факты, приведенные *Питра*, *Бем* [203] оспаривает его выводы и заканчивает критическую заметку заявлением, что в стеблевых частях растений нет (осмотических) сил, выдавливающих пасоку, подобно тканям корней. Выделение жидкости отрезками воздушных частей растений *Бем* объясняет совершенно иными процессами; он предполагает, что погруженный в воду отрезок всасывает в первое время

---

[201] L. c., p. 465.
[202] L. c., p. 505 и сл.
[203] *Boehm.* Bot. Zeit. 1880, p. 33.

большое количество воды; затем загнивает, внутри его обнаруживается масляное брожение, сопровождаемое выделение газов, преимущественно углекислоты и водорода. *Бем* полагает, что выделение отрезком воды и поднятие в трубочке жидкости обусловливается газами, которые развиваются в отрезке при гниении.

С мнением *Бема*, однако, трудно согласиться; между опытами *Питра* имеются и такие, где выделение жидкости наступало сравнительно скоро и образование газов масляного брожения является весьма сомнительным. Я со своей стороны склоняюсь на сторону *Питра* и надеюсь, что при дальнейшей разработке вопроса выводы его подтвердятся.

Примечание. К воззрениям, сходным с высказанными *Питра*, пришел *К. Краус*[204]; он также принимает в надземных частях растений силу, которая гонит жидкость кверху и содействует ее поднятию. Вытекание сока *Краус*, как и *Питра*, наблюдал на отрезках растений; из описания его, однако, нельзя с достоверностью заключить о характере описанного им явления. Он наблюдал вытекание жидкости только по каплям; кроме того, она преимущественно выделялась из камбия и ситовидных элементов и никогда не вытекала из сосудов; на пасоку не походила она и по консистенции. Ввиду этих соображений выводы *Крауса* являются весьма сомнительными, тем более что во многих случаях выделение капли жидкости наблюдалось им в то время, когда отрезок, видимо, начал приходить в гниение.

Попытки разгадать и объяснить поднятие жидкости по растению не привели еще к определенным результатам. Некоторые физиологи (*Гофмейстер*)[205] старались объяснить восхождение воды по растению эндосмотическими процессами, другие (*Жамен*)[206] — волосностью, третьи (*Бем*)[207] — совокупным действием упругости оболочек клеток, давления атмосферы и испарения, четвертые (*Сакс*) приписывают поднятие воды по древесине скважности[4*] последней. Мнения также расходятся относительно участия тканей ствола в поднятии жидкости; большинство физиологов полагают, как мы видели, что ткани ствола не принимают активного участия в поднятии жидкости и служат только проводниками ее в испаряющие органы, между тем как некоторые (*Питра*) приписывают стволу и ветвям такое же активное участие в этом процессе, как и корням.

С целью подкрепить теоретические соображения фактами были устроены *Гофмейстером*, *Жаменом* и *Бемом* приборы, долженствовавшие функционировать по отношению к поднятию жидкости подобно растениям, сообразно со взглядом автора. Не придавая решающего значения ни одной из предлагаемых теорий поднятия жидкости по растению, я ограничиваюсь вышеприведенным указанием статей, в которых они изложены, и перехожу к фактической разработке этого вопроса.

Выше была выяснена активная роль корней в поднятии жидкости и показано, что деятельность их продолжается за весь период вегетации, до поздней осени, с тою только разницею, что начиная с лета количест-

---

[204] *Carl Kraus.* Flora, 1881; N 2, 4, 5 и 6.
[205] *Hofmeister.* Flora, 1862, 106.
[206] *Jamin.* Leçons professées.
[207] *Boehm.* Sitzungesb. Wien. Ak. 48 (Separatabdruck) 1863 и 1864. Его же: Land. Vers. 20; 363 (1877).

во жидкости, вводимое активною деятельностью корней, постепенно убывает, между тем как сила, с которою корни выталкивают воду в надземные части, остается весьма значительною вплоть до прекращения вегетации.

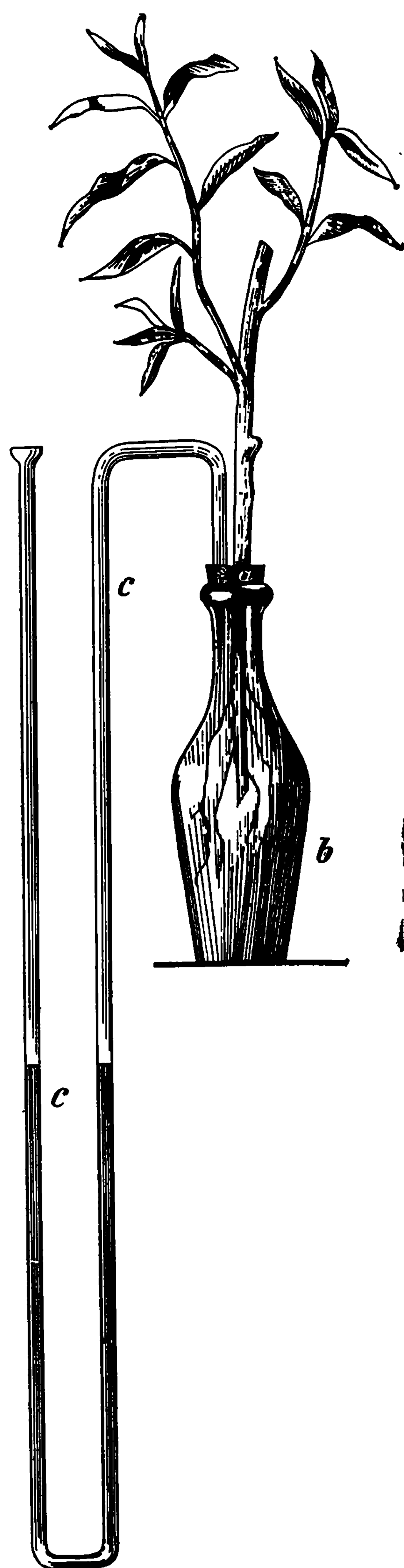


Рис. 91

Относительно участия надземных частей в поднятии жидкости имеются следующие указания: *Гелес*[208] уже заметил, что отрезанные ветви всасывают воду со значительною силою; для измерения ее он прикреплял ветвь к стеклянной трубке и, наполнив трубку водою, опускал ее нижним концом в ртуть. По мере всасывания воды ветвью ртуть в трубке поднималась на высоту нескольких дюймов; в опытах с ветвями яблони и виноградной лозы столб ртути достигал длины от 4 до 11 дюймов; этим не измерялась еще вполне сила всасывания воды, так как из нижнего конца ветви выделялись во множестве пузырьки газа, которые, скопляясь в верхней части трубки, уединяли ветвь от воды и представляли преграду дальнейшему ее всасыванию.

Подобное же сильное всасывание воды наблюдал *Гелес*, прикрепив трубку с водою к дереву в месте, с которой была срезана ветвь; ртуть иногда уже через 6 мин поднималась на 8 дюймов.

Еще более сильное всасывание воды получил *Гартиг*[209] в опытах над Carpinus betulus; в боковую цилиндрическую вырезку ствола он вставлял, по возможности плотно, тубулированную реторту, наполненную водой; в отверстии реторты была прикреплена трубка, налитая доверху водою. Опрокинув реторту трубкою вниз, *Гартиг* вводил горлышко реторты в ствол, а открытый (нижний) конец трубки погружал в сосуд с ртутью. Вода всасывалась с такою силою, что поднимала ртуть на 17 дюймов, т. е. высоту соответствующую $^2/_3$ атмосферного давления; но и в этом случае дальнейшему поднятию ртути препятствовал воздух, перешедший из ствола в реторту.

Для устранения этого препятствия при наблюдении силы всасывания воды растениями *Бем*[210] видоизменил опыт следующим образом (рис. 91): укоренившаяся ветвь вставлялась в плотно прилаженную пробку (*a*) сосуда (*b*) так, чтобы нижний конец ее и корни приходились на значительной глубине жидкости;

[208] *Hales*. L. c., p. 87.
[209] *Hartig*. Bot. Zeit, 1861, p. 18.
[210] *Boehm*. Sitzungsb. Wien. Ak. 48, (Separatabdr. p. 17) (1863).

выделявшиеся из ветви пузырьки воздуха не могли, следовательно, препятствовать всасыванию; сила всасывания измерялась прилаженным манометром (*c*). Покрытая листьями ветвь поднимала иногда в солнечный день ртуть до 60 см.

Не выясняя причины всасывания воды растением, эти опыты, однако, несомненно свидетельствуют о сильном всасывании воды надземными частями растения, обусловленном главным образом испарением. Участие тканей ствола и ветвей ограничивается, по всему вероятию, только легкою проницаемостью древесины для воды, т. е. отсутствием препятствий для перемещения ее в верхние, испаряющие части растения. Относительно проводимости воды древесиною имеются интересные опыты *Сакса*[211]; он показал при этом, что способность ткани проводить воду не находится в связи с разбуханием ее в воде; ткани, наиболее разбухающие в воде, оказались весьма дурно проводящими воду. Если высушенную на воздухе Laminaria, которая чрезвычайно сильно разбухает в воде, опустить в воду нижним концом, то в погруженной части она сильно разбухает, на всем же остальном протяжении вне воды водоросль остается по-прежнему совершенно сухою; свежая Laminaria также не вбирает в себя воды в части, оставленной на воздухе, и засыхает на всем протяжении поверх воды.

Сильно разбухающие вещества, как, например, животный клей, свернувшийся белок, обнаруживают то же самое. Крахмал, жадно впитывающий воду в сухом состоянии, переставал пропускать ее по превращении в клейстер. *Сакс* доказал это, погружая в горячую воду стеклянную трубку, плотно набитую крахмалом и завязанную снизу куском холста, чтобы воспрепятствовать высыпанию крахмала. Горячая вода немедленно превращала нижний слой крахмала в клейстер, который препятствовал дальнейшему прониканию воды в трубку, так что крахмал в ней оставался сухим, несмотря на то что нижний конец трубки находился на глубине 30—50 см под поверхностью воды[212].

Древесина оказалась, по *Саксу*, отличною от других тканей: 1) по сравнительно малому количеству воды, потребному для пресыщения, и 2) способностью пропускать сквозь себя воду с большою скоростью.

Сакс принимает, что вода фильтруется по стенкам клеток древесины, оставляя в стороне их содержимое: кусок древесины Abies pectinata в 100 см и более длины, вырезанный зимою, когда ткань ее очень богата водою, столь быстро пропускал воду, что капля воды, перенесенная на верхний конец отрезка, всасывалась и в то же время немедленно вызывала появление капли воды на нижнем конце отрезка. При переворачивании отрезка верхним концом вниз капля вновь исчезала на верхнем и образовалась на нижнем конце. Для обнаружения скорости фильтрования воды через древесину *Сакс* прикреплял к короткому концу трубки, изогнутой в виде буквы U, отрезок древесины; в трубку наливалась затем вода, так чтобы в длинном колене она стояла выше места прикреп-

---

[211] *Sachs*. Arbeit. d. bot. Instit. z. Würzburg, p. 291.
[212] *Sachs*. L. c., p. 314.

ления отрезка в коротком колене; под давлением этого столба воды жидкость фильтровалась сквозь отрезок и собиралась в надставленной над отрезком трубке.

Через отрезок Taxus baccata под давлением столба воды в 70 мм проходил в 2 мин столб воды в 50 мм высоты, что составляет в 1 час времени столб воды в 1,5 м высоты; отрезок Abies pectinata пропускал воду со скоростью 690 мм в час при давлении столба воды в 68 мм длины. Вода фильтровалась преимущественно через осенние слои древесины. Приведенные числа выражают быстроту фильтрования воды в древесине по оси ствола или ветви; она оказалась гораздо меньшею в горизонтальном направлении; кусок древесины Abies pectinata в 48,5 мм длины, вырезанный поперек ствола по радиальному направлению, не пропустил ни одной капли воды в первые часы опыта; несмотря на давление столба воды в 160 см, за 24 часа прошло сквозь него 2,3 $см^3$ жидкости.

Трудность, с которой фильтровалась вода по радиальному направлению, объясняется частью отсутствием окаймленных продушин [5*] на тангентальных стенках, частью тем, что вода, двигаясь по этому направлению, должна пройти через много слоев осенней древесины, трудно пропускающей воду.

Опыты *Сакса* особенно интересны, так как относятся до растений, совершенно лишенных сосудов; трахеиды древесины хвойных представляют, по согласному свидетельству всех исследователей, клетки с оболочкою отовсюду замкнутою, без отверстий. Проводимость древесины оказалась, следовательно, вне связи с сосудами, которые, за исключением сердцевинной трубки, совершенно отсутствуют в хвойных [6*].

Из всего вышесказанного выяснились следующие результаты касательно передвижения по растениям газообразных, жидких и твердых тел. Все выводы относятся только к высшим цветковым растениям.

1. В растении происходят беспрерывно обмен и перемещение газообразных, жидких и твердых тел.

2. Газообразные тела заключены в воздушных вместилищах, которые представляют две системы ветвистых полостей, разобщенных между собою; одну из них составляют сосуды древесины, другую — межклетники коры и сердцевины, сообщающиеся между собою посредством сердцевинных лучей.

3. Вторая из этих двух систем полостей, т. е. сеть межклетников коры (и сердцевины) у водных растений, вследствие отсутствия устьиц остается уединенною от окружающей атмосферы; у сухопутных, напротив того, сообщается в надземных частях растений с воздухом при посредстве устьиц, которые местами столь многочисленны, что, несмотря на микроскопические размеры, поддерживают свободный обмен газов между растением и атмосферой.

Этою анатомическою особенностью объясняется различие в составе газов этих полостей.

У водных растений, где обе системы полостей не только разобщены между собою, но и уединены от внешней среды, каждая из них может

по временам заключать смесь газов, различную и не сходную со смесью газов вне растения. Подобные примеры приведены мною выше.

В растениях сухопутных, напротив того, только в системе полостей сосудов древесины наблюдается смесь газов, отличная от воздуха как по давлению, под которым газы в ней находятся, так и по составу; система же межклетников коры достаточно быстро вентилируется при посредстве устьиц, и заключенные в ней газы не разнятся значительно от атмосферного воздуха. Помимо этих полостей, газы перемещаются по тканям растений вследствие диффузии.

4. Не менее разнообразны пути передвижения по растению жидких и твердых тел. Они управляются, с одной стороны, причинами внутренними, с другой — внешними. Под влиянием внутренних причин происходят, например, перемещения пластического материала из мест его образования в места потребления или временного отложения и из последних опять в молодые нарастающие органы. Этого рода передвижения воды и растворенных в ней тел свойственны всем растениям. К ним присоединяется у сухопутных растений (и у водных, которые верхними частями выставляются из воды) еще весьма значительный ток почвенного раствора, пробегающий по растению снизу вверх и управляемый исключительно испарением. Из разнообразнейших направлений, по которым происходит перемещение жидких и твердых тел по растению, исследованы более обстоятельно четыре пути: а) перемещение запасного материала семени при прорастании из белка и семядолей в нарастающие части зародыша; б) передвижение вниз по коре пластического сока, вырабатываемого листьями; в) передвижение в древесных породах зимнего запасного материала из ветвей, ствола и корня в весенние нарастающие побеги, а также и тесно связанное с ним у некоторых растений явление плача и г) пробегающий снизу вверх по растению ток почвенного раствора, обусловленный главным образом испарением.

5. Точных указаний на ткани, служащие проводниками главнейших составный частей пластического сока, до сих пор получить не удалось. Неизвестно даже с достоверностью, в виде каких соединений передвигается пластический материал. По отношению к азотистым соединениям доказано, что они передвигаются не только в виде белковых тел, но и в виде амидов, между которыми чаще всего встречается аспарагин. Подобное предположение было высказано в последнее время также касательно углеводов ввиду трудной проницаемости гиалоплазмы по отношению к сахару, а также и вследствие полного отсутствия сахара и декстрина при прорастании некоторых семян, содержащих крахмал.

Поэтому выводы *Сакса* о передвижении углеводов по паренхиме и азотистых тел в виде белковых соединений по ситовидным элементам и камбиформу, а равно и показания *Бриози* и *Ганштейна* касательно перемещения пластического сока в полном составе по ситовидным элементам потеряли в настоящее время прежнее значение.

6. Всасывание растением почвенного раствора и передвижение его по растению производятся частью деятельностью корней, главным же образом управляются испарением воды растением.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представляя этот труд для напечатания в «Записках Академии», я охарактеризовал содержание его приблизительно следующими словами: «В настоящее время под питанием растений подразумеваются преимущественно процессы синтеза органических соединений, между которыми главную роль играет образование углеводов из углекислоты и воды в присутствии света, на счет поглощенной растением световой энергии, так что выделение кислорода и увеличение веса растения вследствие образования органического вещества считаются самыми характерными признаками питания растений». При этом я прибавил, что, «по моему мнению, наиболее существенную роль в питании растений дóлжно признать не за вышеозначенным процессом, сопровождаемым поглощением световой энергии, а за процессами диаметрально противоположного характера, неразрывно связанными с поглощением кислорода и с тратой тепловой энергии. Эти последние сопровождают у всех растений во все время их жизни функцию, наиболее существенную и общую всем без исключения растениям и животным,— функцию, состоящую в созидании организованных образований (клеток, тканей и органов) из *неорганизованных* органических и минеральных соединений. Без них немыслима жизнь ни растений, ни животных, между тем как процессы, сопровождаемые поглощением тепловой энергии, составляют особенность некоторой части растений и проявляются в них лишь на свету и только в клетках с хлорофиллом. При культуре, например грибов, в почве, содержащей все необходимые органические соединения, исключительно прóявляются только процессы питания, общие с животными организмами. Проведение этого взгляда, в значительной степени видоизменяющее нынешнее воззрение на питание растений, делает возможным установление более тесной параллели между животными и растениями. Кроме почти тождественных процессов дыхания и полового размножения, оказываются вполне соответственными и химические процессы, сопровождающие в растениях и животных построение тканей из органических соединений, заранее приготовленных» [1].

Проведенный в предлагаемой статье взгляд на питание растений соответственно с питанием животных выражается вполне в следующем положении: в питании растений при наиболее полном его проявлении можно различить две фазы: 1) синтез органических соединений из неболь-

---

[1] Записки Импер. Акад. наук. Т. 42; книжка 2-я, с. 141 и 142. Протокол заседания Физико-матем. Отделения 22 дек. 1881 г.

шого числа минеральных солей, углекислоты и воды и 2) построение из органических соединений (в широком смысле этого слова) организованных образований (клеток, тканей, органов). Одни только процессы второй фазы питания, присущие всем растениям без исключения, представляют полнейшее сходство с процессами питания животных организмов.

Обстоятельное сравнение между процессами питания растений и животных было проведено в первый раз в 1844 г., в «Essai de Statique chimique des êtres organisée» *Dumas et Boussingault.* Оба этих ученых пришли к заключению, что растения и животные по отношению к процессам питания представляют резкий контраст. Они проводят между животными и растениями следующую параллель.

1. Животное есть машина, в которой сожигаются органические соединения в воду, углекислоту и азот, выделяемый частью в свободном состоянии, частью в виде соединений; растение, напротив того, только ассимилирует и строит при содействии теплоты и света солнца органические соединения из немногих неорганических (с. 4 и 5).

2. Одни только растения приготовляют органические соединения, необходимые для поддержания жизни всех живых существ на земной поверхности. Животные, лишенные вполне способности синтеза органических соединений, заимствуют главные составные части пищи: белковые тела, жиры и углеводы непосредственно из растений (животные травоядные) или же из других животных (животные плотоядные). Животные отлагают эти соединения в своем организме, или вовсе не изменяя химически, или подвергая их только незначительным метаморфозам (с. 6 и 41).

3. Растения поглощают кислород и выделяют углекислоту, животные обнаруживают обмен газов диаметрально противоположный. Выделение растением углекислоты, наблюдаемое в отсутствие света, *Дюма* и *Бусенго* рассматривали как следствие фильтрации сквозь растение почвенной углекислоты. При этом, однако, и они уже принуждены были признать, что в некоторых случаях (при прорастании, распускании почек и цветов) растение присваивает главнейшие особенности животной жизни (с. 39). В некоторых случаях и, по их мнению, растение делается животным; оно, подобно последнему, сожигает углерод и водород и развивает теплоту (с. 34). Пока растение сохраняет свой обычный характер, оно заимствует от солнца теплоту, свет и химические лучи и получает из воздуха углерод, из воды — водород, из окиси аммония — аммиак, из почвы — минеральные соли; из них оно строит организованные составные части своего тела.

В это время растение представляется беспрерывным производителем; но если минутами для удовлетворения известных потребностей растение превращается в потребителя, то оно реализует те же самые явления, как животное (с. 34 и 35).

4. Растения при жизни поглощают тепловую (и световую) энергию; в животных же беспрерывно происходят реакции, сопровождаемые выделением тепла (иногда и света).

К этому же предмету относятся следующие заключительные слова *Бусенго*[2], которыми он заканчивает исследование над прорастанием семян в темноте: «Семя заключает в себе (в белке или семядолях) пищу для зародыша, составленную из крахмала, превращаемого в сахар, из белковины и жиров. Почти такой же состав представляет яйцо животного, доставляющее пищу зародышу».

«Это сходство не ускользнуло от прежних физиологов; *Гертнер,* кажется, первый назвал белком по аналогии с белком яйца птицы составную часть семени, которую в настоящее время называют периспермом и эндоспермом. Научные исследования подтвердили его взгляд. Чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить состав яйца и семени:

Яйцо	Семя
белковина,	белковина,
жирные тела,	жирные тела,
молочный сахар, глюкоза?	крахмал, декстрин, превращаемый в глюкозу
сера, фосфор, входящие в состав органических соединений	сера, фосфор, входящие в состав органических соединений
фосфорнокислый кальций	фосфорнокислый кальций
вода в пропорции 65 до 90 на 100 частей	вода в пропорции 12 до 20 частей на 100
в яйце не нашли клетчатки, может быть, потому, что ее там не искали	клетчатка

Аналогия между яйцом и семенем проявляется и во время развития зародыша. Вес яйца уменьшается во время инкубации подобно тому, как вес семени при прорастании; в обоих случаях выделяется углекислота. Как в том, так и в другом случае для проявления развития требуется известная температура; но в то же время семя при прорастании выделяет тепло, и я (*Бусенго*) весьма склонен принять, основываясь на том, что знаю относительно яиц черепах, положенных на песке при берегах больших рек Америки, это яйца пресмыкающихся выделяют тепло во время инкубации. Сожигание углерода вызывает возвышение температуры. Освободившись от оболочек семени, зародыш развивается в темноте, как в нормальных условиях; существенная разница заключается лишь в том, что растение без перерыва образует углекислоту, сожигая углерод. Это сожигание имеет место во всяком растительном организме, в листьях и корнях, но оно проявляется только, пока не покрывается вполне раскисленными процессами, происходящими в листьях под влиянием света. Растение, зародившееся и растущее в темноте, относится во многих отношениях, подобно некоторым низшим формам животных, например зоофитам, не обладающим специальным дыхательным аппаратом. Сожигание имеет место в тканях при посредстве воды и с выделением небольшого количества тепла.

Растение остается живым, пока в нем есть запас сахара, белка, жира и фосфорнокислых солей; по истощении этого материала, отлагаемого в белке или семядолях, растение останавливается в развитии и помирает».

[2] *Boussingault.* Agronomie, Chim. agricole, Physiol. T. 4; p. 262 и след. (1868).

«Животное даже самого простого строения выделяет при дыхании не только тепло, воду и углекислоту, но превращает часть белковины в кристаллический азотистый продукт — мочевину, находимую в испражнениях; сожигание при дыхании в живом растении в темноте, подобное изменению белковины, не выражается столь ясно, так как растения лишены органов выделения; но в соке клеток появляется при этих условиях тоже кристаллический продукт — аспарагин, принадлежащий, подобно мочевине, к амидам и превращающийся столь же легко в аспарагиново-кислый аммиак».

В сходном смысле высказались в последнее время *Гексли*[3], *Герман*[4] и *Тиндаль*[5].

С тех пор воззрения на питание животных и растений значительно изменились; *Гарро* первый доказал, что совершенно ошибочно приравнивать поглощение углекислоты и выделение кислорода листьев на свету дыханию животных и что этому процессу соответствует в жизни растений совершенно иной обмен газов, именно поглощение кислорода и выделение углекислоты. Затем *Сакс* чрезвычайно обстоятельно разработал мысль *Гарро* и в то же время указал на различие процессов питания — ассимиляции и обмена веществ и на связь их с двояким обменом газов.

«Со времен *Соссюра*,— пишет *Сакс*[6] в «Экспериментальной физиологии растений»,— многие исследователи совершенно справедливо указывали на аналогию в дыхании животных и растений. Лишенное хлорофилла растение, не распустившийся еще побег, развивающаяся почка могут быть сравнены по отношению к обмену веществ с развивающимся животным; травоядное животное живет на счет тех же самых веществ, именно белков, жиров и углеводов, как и растение, которое вырабатывает их для построения своих органов; действие кислорода на ткани должно быть поэтому если не тождественно, то по крайней мере очень сходно, в особенности если сравнить растение в этом отношении с хладнокровным, мало двигающимся животным.

Поглощение кислорода необходимо обоим для производства внутренней работы (химических превращений, молекулярных движений), в обоих образуется углекислота (и вода), освобождается тепло; оба при этом теряют часть составляющих их веществ и становятся легче: произрастающее в темноте растение голодает совершенно в том же смысле и по тем же причинам, как животное, лишенное пищи».

Далее следует сопоставление процессов ассимиляции и дыхания растений и характеристика каждого из них; хотя в нижеследующих цитатах *Сакса* нет более указаний на аналогию растений с животными, тем не менее они представляют интерес по отношению к занимающему нас

---

[3] *Huxley*. La place de l'homme d. l. nature, 1868; его же: Les sciences naturelles et l. problèmes qu'elles font surgir, 1877.

[4] *Hermann*. Grundriss d. Physiologie, p. 5 (1870).

[5] *Тиндаль*. Теплота, рассматриваемая как род движения (русск. перевод). 1864; 352.

[6] *Sachs*. Handbuch d. Experimentalphysiologie, 1865; p. 286 и след.

вопросу, так как заключают рельефную характеристику обеих категорий химических процессов, из которых слагается жизнь растения.

«Процесс, который я (*Сакс*) обозначаю, следуя *Гарро*, названием дыхания, т. е. принятие атмосферного кислорода с выделением углекислоты (и воды), во всех отношениях существенно разнится от процесса ассимиляции хлорофиллоносного растения, так как при посредстве последнего образуются органические соединения из углекислоты и воды; процесс ассимиляции создает новое органическое вещество из неорганического материала, процесс дыхания разрушает часть его; первый увеличивает вес органической массы, второй уменьшает его; разложение углекислоты (и воды) с выделением кислорода происходит только в хлорофиллоносных клетках и в последних только в присутствии лучей света определенной преломляемости и значительного напряжения; дыхание совершенно независимо от этих условий; оно происходит во всех клетках без исключения и постоянно во все время, пока они остаются живыми. При процессе ассимиляции, сопровождаемом выделением кислорода, преодолеваются сильные химические сродства и разрушаются прочные химические соединения; необходимая для этого сила доставляется светом, падающим на хлорофиллоносную живую плазму; при дыхании преодоленные химические сродства вступают вновь в свои права. Соединения углерода с водородом, кислородом, азотом и серою, произведенные ассимиляцией, малоустойчивы; в них химические сродства не проявляются в полной силе; кислород воздуха преодолевает связь их между собою, действуя всем своим химическим притяжением на водород и углерод этих соединений, и переводит часть атомов этих соединений в более прочные — углекислоту и воду. Более радикального различия, как между процессами ассимиляции и дыхания, не может быть в природе, и поэтому неправильно называть оба процесса дыханием, как это часто делается в настоящее время». «Сказать, что растение дышит, когда оно разлагает углекислоту на свету, столь же странно, как сказать о животном, которое ест, что оно вдыхает в себя пищу». «Сущность дыхания состоит не в том, что кислород действует своим химическим сродством на составные части растения, а в воздействии его на эти соединения в живой клетке при совершенно определенных условиях. Поэтому является необходимым называть дыханием только действие кислорода на живые клетки, а для всех остальных процессов окисления органических веществ вне живой клетки употреблять названия, принятые для обозначения соответствующих химических реакций». «Вызываемое при дыхании образование углекислоты (и воды) непременно сопровождается тратой части составных частей растения, созданных процессом ассимиляции. Этот процесс разрушения мог бы оказаться не соответствующим цели организма, если бы последняя состояла только в увеличении его массы. Между тем жизнь растения, как и животного, составлена из внутренней и внешней работы, из движения атомов и молекул, сопряженных с преодолением их взаимного притяжения и внешних препятствий. Дыхание доставляет большую часть силы для этой внутренней и внешней работы».

«Под влиянием химического действия кислорода бедные содержанием

его продукты ассимиляции подвергаются расщеплению и метаморфозам; часть углерода и водорода сожигается, т. е. атомы и молекулы приходят в движение, освобождается тепло, может быть, и электричество».

«Вновь образованные соединения влияют на окружающую среду химическими и молекулярными силами; из нерастворимых соединений образуются соединения, растворимые в воде, и через это возникает цельный ряд сложных диффузионных процессов, которые были бы невозможны без предварительного химического процесса».

«Химическая сила поглощенного кислорода постоянно нарушает равновесие химически связанных атомов и вызывает перемещение их и проявление различных сил; кислород можно сравнить с пружиной часов, которая своим напряжением приводит их в движение».

В отличие от ассимиляции *Сакс* обозначает химические процессы, неразрывно связанные с дыханием растений, названием *метаморфоза веществ*.

В учебнике своем: «Lehrbuch d. Botanik» (1874, p. 674 и след.) *Сакс* весьма ясно обрисовывает в вышеописанном смысле разницу между ассимиляцией и метаморфозом веществ (см. также с. 692 и след. о дыхании растений): «1) ассимиляция происходит в хлорофиллоносных органах, метаморфоз веществ — во всех органах; 2) ассимиляция производится только в присутствии света, метаморфоз веществ — и в темноте; 3) первый процесс сопровождается выделением большого количества кислорода, последний — поглощением сравнительно незначительного объема кислорода и выделением равного объема углекислоты; 4) при посредстве ассимиляции вес твердого вещества растения возрастает, при метаморфозе только изменяется качество ассимилированных веществ и обыкновенно сопровождается разрушением части органических ассимилированных соединений; 5) увеличение веса хлорофиллоносного растения основывается на том, что прибыль ассимилированного вещества в хлорофиллоносных органах во время освещения больше, чем потеря в весе твердого вещества, связанная с выделением углекислоты, которое имеет место беспрерывно во всех органах, во все время вегетаций и сопровождает метаморфоз веществ; 6) лишенные хлорофилла органы и растения не ассимилируют и принимают в себя уже ассимилированные вещества; в них происходит только метаморфоз веществ, и так как последний неразрывно связан с поглощением кислорода и выделением углекислоты, то они уменьшают запас ассимилированных веществ.

Рост, т. е. образование и увеличение клеток, происходит только на счет заранее ассимилированных продуктов, которые при этом подвергаются химическим изменениям.

Рост возможен только вследствие ассимиляции, но оба процесса могут не совпадать ни в пространстве, ни во времени».

Ограничив свою задачу изложением исключительно жизненных отправлений растений, *Сакс* коснулся в вышеприведенных строках аналогии с животными организмами лишь мимоходом и нигде более не возвращается к этому предмету; также ничего не говорит о сравнительном значении обоего рода процессов питания для жизни растений. Ввиду

количественного преобладания процессов ассимиляции (раскисления), выражающегося в накоплении органических веществ на поверхности земного шара, за ассимиляцией преимущественно сохранили до последнего времени название процессов питания растений; процессы обмена веществ, напротив того, гораздо меньше обращали на себя внимания, и исследования, сюда относящиеся, имели главным образом в виду изучение не самих процессов, а сопровождающего их обмена газов: дыхания растений.

В заключительных строках я постараюсь показать, что этот взгляд противоречит имеющимся налицо фактам. Стимулом к предпринятому мною труду послужили попытки двух знаменитых специалистов по физиологии животных, *Гоппе-Зейлера* и *Клода Бернара*, провести обстоятельную параллель между животными и растениями. Оба они, проникнутые убеждением в единстве плана строения и жизненных отправлений животных и растений, сделали весьма много интересных сближений и указали на большое число аналогичных отправлений в жизни не только простых, но и сложнейших представителей обоих царств. Просматривая внимательно их выводы, нетрудно, однако, заметить, что оба ученых расходятся во мнениях касательно весьма многих и нередко существенных вопросов. Ввиду разногласия их, а также и отсутствия подобных работ за последнее время со стороны специалистов по физиологии растений представилось мне чрезвычайно привлекательным и полезным сравнительное изучение питания растений и животных и изложение современного состояния питания растения с более общей точки зрения; я надеялся выяснить этим способом в большей мере, чем до сих пор удавалось, относительное значение в жизни растений двоякого рода процессов, обозначаемых обыкновенно, хотя и не совсем точно, процессами окисления и раскисления. Наглядным доказательством того, что подобный труд не был излишним и что требовалось обстоятельное выяснение аналогий в питании растений и животных, может служить следующая выдержка из речи известного трудами по усвоению азота растениями английского ученого *Джильберта*, сказанной в Йорке в 1881 г. перед членами первоклассного английского ученого общества — Британской ассоциации для усовершенствования наук. Описывая усвоение и потребление углерода растениями, *Джильберт* между прочим говорит: «Этот акт, т. е. развитие углекислоты в темноте, сравнительно с обратным действием в продолжение дня, когда совершается скопление твердого вещества в растении, очень слабый, или, другими словами, количество углекислоты, развиваемое таким путем, крайне незначительно. Но так как продукт ночного действия тот же, что и при дыхании животных, то физиологи назвали его дыханием растений. Меня, верно, назовут еретиком, если я осмелюсь утверждать, что мне кажется очень неподходящим слово „рост" прилагать к тому, что очевидно соединено с потерею вещества, и словом „дыхание" обозначать второстепенный процесс, результатом которого является выделение растениями углекислоты. *Еще очень сомнительно, чтобы была какая-нибудь польза от установления параллелизма между растительным и животным организмами.* Не лучше ли было бы обращать главным образом внимание на противоположность до известной степени между ними и взаимно воспол-

няющие их своеобразности, особенно что касается принятия углекислоты и выделения кислорода, с одной стороны, и принятия кислорода и выделения углекислоты — с другой» [7].

Гоппе-Зейлер сделал сравнительный обзор строения и отправлений животных и растений в своей «Физиологической химии», в первой главе, озаглавленной «Общая биология» [8]. Я остановлюсь здесь исключительно на параллели, проведенной *Гоппе-Зейлером* по отношению к химическому составу и питанию животных и растений, выпуская все остальные указанные им аналогии касательно строения, периодических явлений жизни в половом размножении, чувствительности к внешним раздражениям, а также и все относящееся до зависимости жизни организмов от внешних условий.

Гоппе-Зейлер говорит приблизительно следующее: «Нельзя не признать, что не только организмы, принадлежащие к одному классу, представляют много сходного в химическом составе, но *что некоторые тела общи всем живым и способным к развитию клеткам всех животных и растений и что некоторые основные процессы жизни присущи всем организмам. Процесс жизни организмов есть, в сущности, одна тайна*» (с. 5).

«Животные и растения поддерживают беспрерывный обмен веществ с окружающею средою. Существование их тесно связано с присутствием определенных тел, которые необходимы для жизненных отправлений; при недостатке этих тел они развиваются лишь весьма слабо или погибают».

«Подобно тому как в организмах нет особенных, присущих им одним жизненных сил, нет в них и соединений, которые не могли бы быть получены без их посредства; в последние десятилетия удалось уже приготовить довольно большое число органических соединений, находимых в природе исключительно в животных и растениях» (с. 27).

«Из элементов следующие входят в состав организмов (животных и растений): C, H, O, N, S, Ph, Cl, K, Na, Ca, Mg, Fe и некоторые другие, встречающиеся только в сравниельно немногих организмах. Из них только один кислород непосредственно усваивается организмами; все остальные воспринимаются в виде соединений».

«Принимая во внимание трудность расследования химического состава живой плазмы: а) по малым размерам клеток и б) в особенности вследствие легкой изменяемости ее даже от растворителей, каковы вода, спирт, эфир, хлороформ, *Гоппе-Зейлер* считает возможным высказать относительно ее состава только следующее положение: „*Во всех клетках, способных к развитию, а также и тех, которые находятся в первой фазе развития и размножения, встречаются определенные химические тела, которые принадлежат им во время жизни или образовались при смерти; эти тела необходимо принять, руководствуясь повсеместным их распространением, участвующими в жизни и развитии всех организмов*“».

[7] *Джильберт*. Развитие земледельческой химии со времен Либиха; русский перевод, с. 12.

[8] *Hoppe-Seiler*. Physiol. Chemie. B. 1 (1877).

«В мертвой плазме найдены следующие химические соединения: белковые тела, лецитин, холестерин, углеводы, соединения калия. Из отложений в плазме находятся чаще всего капли жира, зерна крахмала, хлорофилла и других пигментов. Кроме плазмы, в клетке содержится ядро, заключающее нуклеин» (с. 75).

«Белковые тела, входящие в состав растений, *Гоппе-Зейлер* принимает на основании своих исследований и *Вейля* за соединения, тождественные с *глобулинами* животных; других белковых тел он в растениях не признает (с. 75). По его мнению, протоплазма всех клеток составлена из двух тел (глобулинов): из *вителлина* и *миозина*. Сходство белковых тел проявляется также и в отложении их в кристаллическом виде в желтке яиц различных животных и в семенах растений; в растениях они известны под названием кристаллов алеурона, в желтке животных — под именем желточных пластинок» (с. 77).

«К соединениям, весьма часто встречаемым в растениях и животных, относятся лецитин и холестерин, которые удалось найти в клетках желтка яиц, в сперматозоидах, в бесцветных кровяных шариках, в патологических наростах, в семенах, спорах, почках и молодых весенних побегах растений, также в бродильном грибе (с. 79). Глюкоген оказался вполне заменяющим в тканях животных сахар, крахмал, декстрин и гумми растительных клеток».

Наконец, *Гоппе-Зейлер* указывает на одинаковое значение для всех организмов соединений калия, также жиров и нуклеинов.

Химические процессы питания организмов охарактеризованы *Гоппе-Зейлером* весьма обстоятельно: животным и растениям доставляется солнечными лучами необходимая для их жизни энергия, которую они вновь выделяют отчасти в виде тепла, отчасти проявляют в виде механического движения, редко в виде света. Только хлорофиллоносные растения в состоянии производить синтез органических соединений вполне и самостоятельно; животные же и низшие растения, лишенные хлорофилла, являются как бы паразитами высших растений, так как они могут совершать лишь часть этого цикла реакций, т. е. только метаморфоз органических веществ, выработанных зелеными растениями (с. 110).

Процессы превращения веществ в живых организмах, в животных и растениях (за исключением синтеза углеводов из углекислоты и воды) *Гоппе-Зейлер* приравнивает процессам гниения в присутствии кислорода. Все роды брожения (см. с. 116—126) могут быть изучаемы в полной чистоте только в отсутствие кислорода. Индифферентный кислород атмосферы сам по себе не оказывает никакого влияния на движение атомов в присутствии воды и фермента; но он делается, по выражению *Гоппе-Зейлера*, добычей выделяющегося водорода; вследствие этого образуется вместо продуктов раскисления вода с выделением тепла; в это же время освобождающийся атом каждой частицы кислорода принимает характер активного кислорода и производит весьма энергичные окисления (с. 126).

Окисление, вызываемое кислородом при гниении, не есть, по *Гоппе-Зейлеру*, непосредственное сожигание; от последнего оно отличается тем, что окислению кислородом предшествует выделение углекислоты, затем

следует окисление водорода и озонозирование[1*] кислорода. Это процесс *Гоппе-Зейлер* признает столь же распространенным в органах живых существ, как в органических веществах, гниющих на воздухе (с. 128).

«Проведенная параллель между процессами гниения и жизненными отправлениями не обозначает еще их тождества, но свидетельствует только, что до сих пор не удалось найти разницы между ними» (с. 128).

«Химические процессы в растениях не отличаются существенно в вышеописанном отношении от соответствующих процессов животных, только они происходят над несколько иными телами. В растениях также происходят процессы брожения, которые с последующими окислениями и составляют жизнь растения при отсутствии хлорофилла и света. По всему вероятию, эти процессы не прекращаются и в последнем случае, т. е. в то время, когда растения, разлагая на солнце углекислоту, выделяют кислород» (с. 131).

Еще более обстоятельное сравнительное расследование животных и растений произвел *Клод Бернар*; он посвятил этому предмету целую книгу под заглавием «Leçons sur les phénoménes de la vie, communs aux animaux et aux végétaux» (1878); он также признает единый план строения и главнейших жизненных отправлений животных и растений. Резюмируя свои рассуждения о жизненных отправлениях животных и растений, он говорит на с. 148: «Общая физиология, рассматривающая жизнь только в наиболее существенных и общих проявлениях, не может допустить дуализма между животными и растениями, а равно и существование двух различных физиологий: животной и растительной. Есть только один род жизни и одна физиология для всех живых существ: это общая физиология, стремящаяся к объединению жизненной единицы (unité vitale) в обоих царствах».

Он также признает сходство целого ряда химических процессов живых существ с разложениями органических субстратов при брожении и гниении и относит сюда все реакции органического или жизненного разрушения, характеризуя брожение как химический процесс, общий для всех живых существ и специально им свойственный, так как вне их он не наблюдается. Брожение, по *Клоду Бернару*, составляет отличительную черту химии живых существ (с. 78). При посредстве процессов брожения организмы подвергаются окислению кислородом воздуха. Согласно с *Гоппе-Зейлером,* он не признает непосредственного действия кислорода на составные части живого организма и также восстает против признания полной параллели между дыханием и горением.

При дальнейшем проведении аналогии в питании животных и растений и, как мы увидим, в вопросах первостепенной важности *Клод Бернар* расходится с *Гоппе-Зейлером.* Главные положения его я постараюсь формулировать в немногих словах.

Первое положение. «В каждом живом существе происходят двоякого рода явления: 1) явления *жизненного творчества* (*creation vitale*), или *организаторского синтеза* (*synthese organisatrice*), и 2) явления смерти, или *органического разрушения* (*destruction organique*)». «Между тем как по отношению к неорганической материи принимают правильно, что

она не исчезает и не творится, в организме происходит совершенно другое. В живом существе творится форма, которая затем отмирает и разрушается». «Материя, принятая извне, ассимилируется в ткани и органы».

«С другой стороны, органы разрушаются; разрушение составляет вторую фазу жизненного акта. Первый род явлений не имеет аналогичных; он исключительно свойствен живому существу: это синтез развития формы (*synthese evolutive*), составляющий суть жизни». «Второй род явлений — жизненное разрушение принадлежит к физико-химическим процессам и представляет в большей части случаев результат горения, брожения или гниения, подходящий к большому числу химических разложений» (с. 39 и 40). «Существование всех организмов проявляется в двух неразделенных родах процессов: в *организации* и *дезорганизации*» (с. 41).

Второе положение Клода Бернара заключается в том, что «питание организма (животного и растения) не есть акт непосредственный». «В акте питания необходимо различать две фазы, разъединенные во времени; непосредственному питанию предшествует в животных и в растениях своеобразная переработка пищи, заканчивающаяся отложением продуктов ее метаморфоз в виде запасного материала». «Питание организма происходит, следовательно, на счет отложенного уже в организме запасного материала». «Одним словом, *организм живет не на счет пищи, ему предоставляемой, а на счет веществ, заранее им уже съеденных*» (с. 121 и 122).

В подтверждение этого *Клод Бернар* указывает на ряд опытов, свидетельствующих, что и в животном организме происходят реакции синтеза ближайших составных частей тела; животные не питаются непосредственно, как прежде предполагали, белковыми телами, жирами и углеводами принятой пищи, но предварительно разрушают их до известной степени и затем вновь создают; из этих последних продуктов синтеза животное непосредственно строит свое тело. Параллель синтеза органических соединений в животных и растениях *Клод Бернар* проводит следующим образом: «Нельзя более сомневаться, что животные и растения способны образовать ближайшие составные части; нельзя более отрицать, что в тех и других происходят бесконечно разнообразные разрушения и раскисления. Остается единственно возможным признать разницу между животными и растениями только в отношении энергии, служащей импульсом происходящих в них химических и механических явлений». «Всеми признано в настоящее время, что явления синтеза в животных и растениях образуют две группы: одни требуют затраты солнечной энергии; это реакции раскисления, имеющие место в зеленых растениях под влиянием света; другие обусловливаются горением (окислением), происходящим в животных и в растениях, лишенных хлорофилла. В живых организмах, следовательно, находятся два источника живой силы: она или заимствуется непосредственно из солнечной энергии, или же из тепловой энергии, освобождаемой при горении. Живая сила заимствуется от солнца, если растение содержит хлорофилл; во всех

других случаях, как в животных, так и в растениях, она происходит из тепла, освобождаемого при процессах окисления и химических соединений» (с. 144 и 145).

«Из этого краткого перечня главнейших положений *Гоппе-Зейлера* и *Клода Бернара* ясно видно, что оба они признают гораздо большее сходство в питании животных и растений, чем до них принимали, но значительно расходятся в проведении аналогий. *Гоппе-Зейлер* приравнивает питанию животных только переработку растениями ассимилированных органических соединений, т. е. обмен веществ (*Сакса*); синтез же органических соединений рассматривает как исключительную особенность растений, не имеющую ничего аналогичного в животном организме. *Клод Бернар,* напротив того, проводит параллель между питанием животных и питанием растений в полном его составе, т. е. по отношению не только обмена веществ, но и ассимиляции органических соединений, утверждая, что питание животного организма, так же как и растения, не есть акт непосредственный. Ни растение, ни животное не питаются, по его мнению, пищею, предоставленною им непосредственно; питанию (в смысле *Клода Бернара*) предшествует в каждом организме предварительная переработка принятой пищи, заканчивающаяся приготовлением пластического материала, отлагаемого в виде запасных веществ. В растениях происходит при этом полный синтез органических соединений, в животных — превращение путем целого ряда реакций разложений и синтеза белковых тел, жиров и углеводов, принятых внутрь в виде пищи, в соединения хотя и сходные с принятыми, но специфические для каждого животного организма.

Из пластического материала организм (животный и растительный) строит свое тело, проявляя при этом одновременно, по выражению *Клода Бернара*, явления *жизненного творчества,* или *организаторского синтеза*, и явления смерти, или *органического разрушения.*

На основании всех этих данных я приступил к сравнительному изучению питания животных и растений не только в общем их проявлении, но и в частностях и изложил в настоящей работе с общей биологической точки зрения современные наши познания о питании растений.

Первенствующее место было уделено мною поэтому не ассимиляции органических соединений (присущей только растениям, и то не всем), а процессам питания, сопровождающим переработку *органических* соединений в *организованные* образования, т. е. процессам, которые присущи всем живым существам без исключения и не прекращаются ни на мгновение во время жизни, от момента зарождения организма до его смерти. Избранный мной способ изложения оказался настолько удобным, что я, даже при самой детальной разработке питания, ни разу не был поставлен в необходимость насиловать имеющиеся факты; напротив того, я постоянно сознавал превосходство этой точки зрения. Когда мой труд близился уже к концу (в 1881 г.), вышли в свет одно за другим два специальных сочинения о питании растений: *Pfeffer* «Pflanzenphysiolo-

gie, ein Handbuch des Stoffwechsels und Kraftwechsels in der Pflanze» и *Detmer* «System d. Pflanzenphysiologie», в которых я увидел уже намеченными главные из моих положений; работая одновременно и совершенно самостоятельно, мы все трое пришли к сходным выводам, что может служить значительной гарантией верности достигнутых результатов. Оба эти сочинения я просмотрел с большим интересом, но нашел в них только полное подтверждение своих воззрений.

Для большей наглядности и доказательности проведенной мною параллели между питанием животных и растений я позволю себе заключить статью краткой сравнительной характеристикой питания растений и животных:

Химический состав

Растения	Животные
C, O, H, N, S, Ph, Cl(?), K, Ca, Mg, Fe	C, O, H, N, S, Ph, Cl, K, Mg, Ca, Fe

Кроме перечисленных элементов, считаемых за необходимые, найдены:

Si, I, Bo, Na, Al, Mn К весьма редким относятся: Bo, Si, Ru, Ta, Ba, Sr, Co, Ni, Zn, Sn, Se, Ti, Cu, Pb, As, Ag, Hg	Fl, Cu, Mn

По отношению к содержанию элементов животные и растения обнаруживают весьма существенное отличие, сказывающееся преимущественно в большем содержании в животных азота; по отношению же к ближайшим составным частям — в преобладании в животном организме белковых тел, а в растениях — клетчатки. Эти различия, однако, как мы сейчас увидим, не могут служить препятствием проведению строгой параллели между питанием высших представителей обоих царств.

Химические процессы питания

Главнейшие и существеннейшие процессы питания общи для животных и растений; они сопровождают во всех организмах без исключения построение организованных образований из неорганизованных органических соединений и не прекращаются во все время жизни организма, от первого пробуждения в нем жизнедеятельности вплоть до его смерти. Для своего проявления эти процессы питания требуют уже готовых органических веществ, которые заимствуются организмом извне или же приготовляются им самим.

В первом случае питание организма ограничивается дальнейшим метаморфозом веществ; во втором этой фазе питания предшествует другая — построение органических соединений при посредстве длинного и сложного ряда реакций синтеза из неорганических, именно углекислоты, воды и нескольких минеральных солей.

При наиболее полном проявлении процесса питания необходимо, следовательно, отличать две фазы:

1) усвоение органических веществ и

2) построение из них организованных образований (клеток, тканей, органов).

Обе фазы питания обнаруживаются в полной мере только в зеленых растениях. Наибольший контраст с ними представляют животные организмы, которые (насколько известно) непременно требуют для своего питания готовых органических соединений (белковых тел, жиров и углеводов). Промежуточным соединяющим звеном является класс грибов; в среде, заключающей все необходимые органические соединения, грибы непосредственно питаются ими как животные, но, кроме того, обладают способностью синтеза, хотя и не в такой мере, как хлорофиллоносные растения; они могут развиваться вполне нормально в смеси неорганических солей и сахара и, разрастаясь, вырабатывают сами все остальные органические соединения, в том числе белковые тела и жиры.

Особенное значение в данном случае приобретает обстоятельство, что метаморфоз веществ совершается вполне независимо от источника, из которого заимствуются органические соединения. Одним из наиболее наглядных примеров могут служить орхидные растения; некоторые из них совершенно лишены хлорофилла, между тем как все остальные окрашены в нормальный зеленый цвет. Несмотря на связанное с окраской коренное различие в отношении синтеза органических соединений, метаморфоз веществ и обусловленная им форма растений получаются в обоих случаях сходные. Второй пример представляют грибы, которые, как мы видели, развиваются совершенно одинаковым образом в смеси из вполне готовых органических соединений и в смеси минеральных солей и сахара, несмотря на то что в последнем случае они сами должны выработать необходимые для построения их тела органические соединения.

Химические процессы, сопровождающие построение организованных образований (пластического материала) из органических (неорганических) соединений

Состав материала, из которого строятся органы:	
белковые тела, жиры и углеводы	белковые тела, жиры и углеводы
Состав белковых тел:	
глобулины (вителлин и миозин) (по *Гоппе-Зейлеру*).	альбумины, казеины и клейковины
Различные альбумины, растительные казеины и клейковины (по *Ритхаузену*).	

NB. Белковые тела в запасном материале нередко отлагаются в виде кристаллоидов; в растениях их обозначают названием *кристаллоидов белковых тел*, в желтке животных — *желточными пластинками.*

Жиры: преимущественно триглицериды пальмитиновой, стеариновой и олеиновой кислот, реже уксусной, льняной и рициноловой.	преимущественно триглицериды кислот пальмитиновой, стеариновой и олеиновой

Углеводы: крахмал, клетчатка, инулин, тростниковый сахар, виноградный, плодовый, декстрин и различные гуммиобразные тела.	глюкоген, редко клетчатка

Соединения эти большею частью отлагаются в виде соединений, не растворимых в воде. Они переводятся в раствор посредством различных аморфных ферментов.

Ферменты

углеводов: диастаз, превращающий крахмал и декстрин в глюкозу; *инвертин*, под влиянием которого тростниковый сахар переходит в превращенный	диастаз в слюне и панкреатической железе; инвертин
белковых тел: растительный пепсин, выделяемый желёзками насекомоядных растений. Пепсинообразный фермент в семенах некоторых растений; этот фермент, по-видимому, не получен еще в чистом виде, так как заключающая его жидкость превращает, кроме того, крахмал в сахар	пепсин — в желудке, панкреатин (трипсин) — в соке панкреатической железы
жиров: специального фермента не удалось найти	найден в соке панкреатической железы; разлагает жиры на жирные кислоты и глицерин

Продукты разложения пластического материала

Белковые тела — превращаются сперва в пептоны, затем распадаются на ближайшие составные части, между которыми преобладают лейцин, аспарагиновая кислота, глютаминовая и тирозин	превращаются в пептоны, лейцин, аспарагиновую кислоту, тирозин

NB. Замечательно, что эти же продукты разложения белковых тел получаются при гниении, т. е. при разложении животных и растений бактериями, а также при действии реактивов, расщепляющих белковые тела на ближайшие составные части.

Углеводы: клетчатка, крахмал, тростниковый сахар и декстрин — переводятся в глюкозу	клетчатка, крахмал, тростниковый сахар и декстрин переводятся в глюкозу
Жиры: расщепляются на жирные кислоты и глицерин	расщепляются на жирные кислоты и глицерин

Прибыль в весе растения и животного при этом способе питания

Определяя метаморфоз веществ в растении, *Сакс*, между прочим, выставил в числе характерных отличий его от ассимиляции потерю в весе растения. Определение это, однако, оказывается неверным при более близком изучении относящихся сюда процессов. Гораздо раньше (в 1868 г.) появления учебника *Сакса*, где проводится это	Прибыль в весе не оспорима и никогда не подвергалась сомнению

воззрение, *Бусенго*[9] уже дал совершенно правильное толкование питания при прорастании семян в темноте, которые при этом теряют в весе до 50% твердого вещества. «Растение, проросшее в темноте,— пишет *Бусенго*,— весит значительно меньше семени. Между тем нельзя допустить, чтобы растение, строя свое тело и разрастаясь, теряло бы часть вещества. Факт этот, однако, обнаруживается весами; для его объяснения достаточно обратить внимание на то, что в данном случае сравнивался вес растения с весом всего семени, а не с весом зародыша». Объяснение *Бусенго*, вполне применимое ко всем остальным случаям питания готовыми органическими соединениями как животных, так и растений, наглядно выясняет ошибку *Сакса* по отношению к характеристике метаморфоза веществ в растениях. Это определение метаморфоза веществ *Сакса* находится в противоречии с увеличением веса грибов при питании на счет органических соединений субстрата. Прибыль в весе грибов не подлежит сомнению, несмотря на то что процессы питания совершенно подходят под метаморфоз веществ *Сакса*. Из всего этого следует, что построение организованных образований из пластического материала сопровождается в растениях (как и в животных) прибылью в весе нарастающей части и, следовательно, вполне соответствует общепринятому понятию о питании.

Обмен газов с окружающею средою при построении организованных образований из пластического материала (дыхание)

Поглощается кислород и выделяется углекислота. Азот атмосферы не принимает участия в дыхании; он не выделяется и не поглощается растением.

Поглощается кислород и выделяется углекислота. Вопрос о выделении и поглощении газообразного азота при дыхании животных, по *Гоппе-Зейлеру* (с. 536), представляется открытым. По мнению *Фойта*[10], азот атмосферы не выделяется и не поглощается животными. Получаемый избыток его в аппарате он приписывает диффузии азота из тела животного и отрицает возможность выделения азота животным при разложении белковых тел или других азотистых соединений.

NB. Поглощение и выделение азота и водорода и выделение болотного газа, наблюдаемые при брожениях, не выяснены с достаточною точностью, и нельзя определить, относятся ли они к процессу дыхания бактерий, производящих брожение и гниение, или же представляют явления побочные, так сказать случайные, обусловливаемые разлагаемым субстратом.

Отношения объемов обмениваемых газов — кислорода и углекислоты — получаются приблизительно равные, если безазотистая составная часть пластического материала состоит из углевода (крахмала); при замене углевода жиром не наблюдается соответствия объемов; в этом случае получается перевес на стороне поглощения растением кислорода.

Соответствия объемов кислорода и углекислоты не замечается; отношения их варьируют в весьма широких пределах и, между прочим, в высокой степени обусловливаются составом принятой пищи

[9] *Boussingault.* Agronomie, Chimie agricole, Physiologit, T. 4; p. 262 (1868).

[10] *Voit.* Stoffwechsel, 1881, p. 37.

Прежде предполагали (*Сакс*[11]), что участие кислорода в дыхании растений представляет процесс, тождественный с горением, т. е. рассматривали выделенную углекислоту (и воду) как продукт непосредственного окисления углерода и водорода растения. В последнее время, однако, взгляды на этот предмет изменились: выделяемую растением углекислоту рассматривают как продукт разложения, отщепляемый без содействия кислорода. Непосредственные опыты подтвердили, что разложение составных частей растения (углеводов) на углекислоту и спирт продолжается долгое время в атмосфере, совершенно лишенной кислорода, и притом (по крайней мере в первые часы опыта) в столь же значительной степени, как при нормальных условиях. Это разложение, называемое интрамолекулярным, или внутренним, дыханием, представляется поэтому процессом, совершенно независимым от поглощения кислорода. Окисление, следовательно, не предшествует, а следует за выделением углекислоты, причем окисляется не непосредственно запасный материал, а один из продуктов его разложения. Из этого становится понятным другое положение, также высказанное в последнее время, что интенсивность окисления не обусловливается степенью сродства кислорода к составным частям растения, а регулируется жизненными процессами самого растения

Совершенную параллель представляет участие кислорода в дыхании животных. По согласному воззрению *Гоппе-Зейлера*[12], *Клода Бернара*[13] и *Фойта*[14], окислению предшествует расщепление составных частей животного на углекислоту и другие продукты; эти последние, раскисленные, подвергаются затем окислению кислородом окружающей среды. Интенсивность окисления обусловливается не степенью сродства кислорода к составным частям животного, а управляется жизненными процессами животного Животные, по крайней мере некоторые (лягушки), подобно растениям, продолжают выделять в отсутствие кислорода углекислоту

Выделение тепла

Окисление составных частей растения кислородом, заимствованным извне (внешнее, нормальное дыхание), сопровождается значительным выделением тепловой энергии, которая служит импульсом для жизненных отправлений растения

Окисление составных частей животного кислородом, который заимствуются извне, также сопровождается значительным выделением тепловой энергии, на счет которой совершаются все жизненные отправления животного

В тех случаях, когда образование ее превышает затрату, избыток энергии выражается в нагревании растения и может быть измерен термометром.

При интрамолекулярном дыхании, по-видимому, тоже выделяется тепловая энергия, хотя в гораздо меньшей степени

Выделяется ли тепло при интрамолекулярном дыхании, неизвестно

О воздействии плазмы клеток на пластический материал, на счет которого они питаются и разрастаются

В плазме живой клетки отличают обыкновенно два рода образований, различных по значению для жизни клеток: 1) жизнедеятельную часть

[11] *Sachs.* Experimentalphysiol., p. 284; его же: Lahrbuch d. Botanik, p. 692 и 698.
[12] *Hoppe-Seiler.* Physiol. Chemie, p. 113 и 128.
[13] *Claude Bernard.* Leçons s. l. phénoménes, d. l. vie, p. 161, 170 и 171.
[14] *Voit.* Stoffwechsel, p. 379.

плазмы, которая заправляет жизненными отправлениями клетки,— собственно плазму, ядро, зерна хлорофилла и других пигментов и 2) заключенные в плазме преходящие отложения (зерна крахмала, капельки масла, кристаллы щавелевокислого кальция), исчезающие и возобновляемые в деятельной плазме. О составе живой плазмы живых клеток ничего положительного не известно. Выше уже приведена была выдержка из *Гоппе-Зейлера*, который считает возможным лишь указать на некоторые составные части мертвой плазмы, считая состав живой плазмы совершенно нерасследованным.

То же должно сказать и о составе живой плазмы клеток растений.

Деятельную плазму рассматривают за белковое соединение и объясняют сложностью строения частицы белковых тел разнообразие происходящих в живой клетке химических процессов. Это воззрение допускает, однако, весьма существенные возражения. Мне кажется, что не имеется еще достаточного основания для заключений о составе преобладающей и наиболее важной в физиологическом отношении составной части деятельной плазмы. Исследований касательно состава плазмы растительных клеток совсем еще нет; о присутствии в плазме белковых тел судят в большей части случаев по микрохимическим реакциям, т. е. характерной окраске плазмы под влиянием реактивов. Самый характер этих реакций исключает возможность оценки количественного содержания искомого соединения; микрохимические реакции большею частью столь чувствительны, что для их проявления достаточно едва заметной примеси искомого соединения, следовательно, этим путем нет возможности убедиться в преобладании белковых тел в плазме клеток. С другой стороны, значительное содержание их в клетке, даже доходящее до переполнения этими соединениями, не может еще служить доказательством, что белковые тела, найденные в клетке, составляют жизнедеятельную ее часть. Столь же вероятно и другое предположение, которое, на мой взгляд, заслуживает даже преимущество: что белковые тела и в жизнедеятельных растущих клетках представляют, подобно крахмалу и жирам, только составную часть пластического материала, временно накопляемого в клетке, и подобно остальным составным частям пластического сока, расходуются на потребности организма.

В согласии с проводимым мною взглядом находятся указания *Сакса,* что белковые тела преобладают в молодых частях, готовящихся к разрастанию; по мере роста последних в них одновременно расходуются крахмал, сахар и белковые тела; плазма вполне выросших клеток обыкновенно очень мало содержит крахмала и сахара, а также и белковых тел.

Вопрос о том, какие соединения заправляют жизнью клетки и всего организма, надо считать, по моему мнению, в настоящее время совершенно открытым. Эти соображения тем более заслуживают внимания, что если бы удалось доказать, что белковые тела не играют сами по себе активной роли в жизни клетки, а участвуют в ней только более простые по составу продукты их распадения, то задача расследования жизни клетки значительно бы упростилась.

О переработке живою плазмою пластического материала мы ничего не знаем и имеем касательно строения и отправления деятельности плазмы только несколько теоретических соображений, которые все основаны на предположении, что плазма построена главным образом из белковых тел.

Сюда, например, относятся: 1) теория *Пфлюгера*[15] касательно строения живой плазмы из групп циана в противоположность мертвой, в которой атомы азота и углерода находятся в более устойчивых амидных соединениях; 2) теория диссоциации *Детмера*[16], основанная отчасти на высказанном *Бородиным*[17] предположении, что белковые тела (плазмы растительных клеток) могут расщепляться на углеводы (например, целлюлозу) и азотистое вещество, которое может снова превращаться в белковое вещество при помощи жира или углевода (крахмала); 3) наконец, на этом же предположении основан предложенный *Лёвом* и *Бокорни*[18] взгляд на строение белковой частицы живой плазмы из группы альдегидов. *Лёв* и *Бокорни* заключают свою статью следующими словами: «Итак, можно считать доказанным, что присущая живой плазме сила обусловливается энергией альдегидной группы; этим указан путь для более глубокого понимания многих достойных удивления процессов в простейших организмах».

Не признавая за недостатком убедительных доводов общепринятого положения, что жизненные отправления плазмы сосредоточиваются в молекулах белковых тел, я считаю себя вправе ограничиться лишь вышеприведенным перечислением существующих теорий.

Нельзя не сознаться, что в настоящее время мы не имеем даже намека на условия, заправляющие жизненными отправлениями клеток, как растительных, так и животных.

---

[15] *Pflüger*. Archiv. f. Physiol. 10, 300 (1875).
[16] *Detmer*. System d. Pflanzenphysiologie, p. 118 (1881).
[17] *Бородин*. Физиол. исслед. над дыханием листоносных побегов. 1876; с. 66.
[18] *Löw v. Bokorny*. D. chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma.

ЛИТЕРАТУРА [1]

Бабиков И. И. О салицине // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1874. Т. 5, вып. 2. С. 1—11. (Протокол заседания 19 апр. 1873 г.).
Баранецкий О. В. Исследования над диосмосом по отношению его к растениям: (Рассуждение на степень магистра ботаники). СПб.: Имп. Акад. наук, 1870. 42 с.
Баранецкий О. В. О периодичности «плача» травянистых растений. СПб., 1872. 84 с.
Баранецкий О. В. О периодичности истечения сока травянистых растений и причинах этой периодичности // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1873. Т. 4, вып. 1. С. 1—84.
**Богуславский.* Протоколы II съезда рус. естествоиспытателей. Москва, 1869.
Бородин И. П. Физиологические исследования над дыханием листоносных побегов. СПб., 1876. 114 с.
Бородин И. П. О кристаллах хлорофилла // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1882. Т. 12, вып. 2. С. 131—147.
Брюкке Э. Учебник физиологии. СПб., 1876. Т. 1/2. 332 с.
Вальц Я. Я. О размножении растений частями семян. Одесса: Ульрих и Шульц, 1877. 9 с.
Веретенников И. В. Исследование над влиянием света на образование красящего вещества в растениях // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1870. Т. 1, вып. 1. С. 37—38.
Волков А. Н. К вопросу об ассимиляции // Зап. Новорос. ун-та. Одесса, 1875. Т. 17. С. 1—60.
Деларю Е. М. Кристаллические друзы в листе Hoya carnosa // Натуралист. 1867. Т. 4, № 4—6, С. 70—71.
Деларю Е. М. Способы распознавания волокон // Там же. 1867. Т. 4, № 4/6. С. 71—76.
Джильберт Д. Г. Развитие земледельческой химии со времен работ Либиха. СПб., 1881. 39 с.
Зайкевич А. Е. Физиологическое исследование над дыханием корней // Тр. о-ва испытателей природы при Харьк. ун-те. 1878. Т. 11. С. 47—106.

---

[1] В монографии ссылки на литературу приведены в постраничных сносках либо даны непосредственно в тексте. Как правило, библиографическое описание источников неполное. В большинстве случаев указаны лишь автор, год и источник, часто без ссылки на том, выпуск или страницы.

В настоящем издании литература приводится, кроме того, отдельным списком, в большинстве случаев с полным библиографическим описанием. Когда автор цитируется по реферату или другому источнику, реферативное издание или источник указываются в скобках. Работы, которые не удалось найти, отмечены звездочкой.

Идентификация ссылок проводилась главным образом по библиографическим изданиям: Catalogue of Scientific Papers. Vol. 1—12. London, 1867—1902; Justus Botanischer Jahresbericht. Jg. 1—10. Berlin, 1873—1882; Jahresbericht über die Fortschritte den Agriculturchemie. Jg. 1—24. Berlin, 1860—1883. Некоторые работы установлены de viso в книгохранилищах Государственной библиотеки им. В. И. Ленина, Научной библиотеки ТСХА, Библиотеки ВИР (Ленинград) и Библиотеки биологического отделения Академии наук СССР.

Список составлен библиографами Государственной библиотеки СССР им. В. И. Ленина Т. П. Балакиревой и В. Н. Яковлевой под руководством профессора А. Ф. Клешнина.

Извлечение из протоколов заседаний Академии наук физико-математического отделения. Заседание 22-го декабря 1881 г. // Зап. имп. Акад. наук. СПб., 1882. Т. 40, кн. 2. С. 141—143.

Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии растений/Пер. проф. Ильенкова. 7-е нем. изд. СПб.: Фивег, 1864. 818 с.

Людоговский А. П. Подсолнечник: Понятие, распределение и движение минеральных питательных веществ в связи с образованием органического вещества. СПб.: Т-во «Обществ. польза», 1869. 104 с.

Монтеверде Н. Н. О распространении и распределении селитры в растениях и некоторых химических превращениях под влиянием клеточного сока. СПб.: Демаков, 1882. 22 с.

Пряничников И. М. Влияние света и темноты на зеленение и ассимиляцию // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1877. Т. 8. С. 18—19. (Протоколы заседаний).

Рачинский С. А. О некоторых химических превращениях растительных тканей. М.: Китков, 1866. 56 с.

Регель К. О действии света на грибы // Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей. 1881. Т. 12, вып. 1, отд. 2. С. 82—103.

Ришави Л. А. К вопросу о дыхании растений. Одесса: Ульрих и Шульц, 1877. 50 с.

Розанов С. М. Об отложениях кремнезема в некоторых растениях // Натуралист. 1867. Т. 4, № 13/20. С. 197—204.

Розанов С. М. Физиологические и анатомические исследования в области морской и пресноводной флор // Там же. 1867. Т. 4, № 21/24. С. 345—382.

Сорокин В. И. Содержание азотнокислых соединений в гречихе: Приложение к Протоколу 52-го заседания Казан. о-ва испытателей природы, Казань, 2 дек. 1873.

Тимирязев К. А. Прибор для исследования воздушного питания листьев и о применении искусственного освещения к подобного рода исследованиям // Тр. I съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Отд. ботаники. СПб., 1868. С. 74—80.

Тимирязев К. А. Спектральный анализ хлорофилла: (Рассуждение, представленное в физ.-мат. фак. имп. СПб. ун-та для получения степени магистра ботаники). СПб.: Т-во «Обществ. польза», 1871. 65 с.

Тимирязев К. А. Об усвоении света растением. СПб.: Демаков, 1875. 120 с.

Тимирязев К. А. Жизнь растений. Гл. 10. Развитие как источник силы. М.: Калужский, 1878. С. 1—285.

Тимирязев К. А. О физиологическом значении хлорофилла // Речи и протоколы VI съезда рус. естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге в 1879 г. Отд. I. СПб., 1880. С. 58—73.

Тимирязев К. А. Разбор теории Прингсгейма о физиологическом значении хлорофилла // Изв. Петров. земледел. лесн. акад. 1881. Т. 4, вып. 1. С. 1—14.

Тиндаль Д. Теплота, рассматриваемая как род движения. СПб.: Баллини. 1864. 373 с.

Тиндаль Д. Теплота, рассматриваемая как род движения: Пер. с англ. 2-е изд. М.: Кушнерев, 1888. 469 с.

Фаминцын А. С. Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда. СПб., 1861. 27 с.

Фаминцын А. С. Действие света на водоросли и некоторые другие близкие к ним организмы. СПб.: Имп. Акад. наук, 1866. 56 с.

Фаминцын А. С. Описание аппарата для исследования действия искусственного света на растения // Тр. I съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Отд. ботаники. СПб., 1868. С. 94—97.

Фаминцын А. С. О действии искусственного света на разложение углекислоты зелеными частями растений // Речи и протоколы VI съезда рус. естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге 24-го дек. 1879 г. Ботаника. СПб., 1880. С. 8.

Хомяков М. К вопросу о гниении // Тр. о-ва естествоиспытателей при Казан. ун-те. 1876. Т. 6, вып. 1. С. 1—18.

Шелль Ю. К. О влиянии некоторых деятелей на окрашивание листьев. Казань, 1876. 8 с. (Прил. к протоколу № 75 засед. о-ва естествоиспытателей при Казан. ун-те).

Aderchaldt A. // Liebig und Kopp Jahresber. 1852. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 136).
Aime G. Note sur les gaz degugés par les plantes marines // Ann. sci. natur. Sér. 3. 1841. T. 2. P. 353.— Idem // Ann. chim. 1841. Vol. 2. P. 535—538.— Idem // J. prakt. Chem. 1841. Bd. 24. S. 439—442.
Anderson Th. // J. Highland Agr. Soc. 1860. P. 306—369. (Chem. Pharm. Cbl. 1860. S. 787. *Wolff.* 1871. Bd. I. S. 92).
Anderson Th. Die Pflanze // J. Agr. Scotland. 1864. P. 181. (Ref.: Jahresbericht über die Fortschritte den Agriculturchemie. 1866. Jg. 7. S. 94. Далее: Jahresber. Agr. Chem.).
Arendt R. Das Wachsthum der Haferpflanze. Leipzig: Brockhaus, 1859. 199 S.
Arendt T. T. F. Ueber die Capillar-Activität der äussern Integumente einiger Pflanzen // Flora. 1843. Bd. 26. S. 153—162.
Aschenanalysen. // Jahresber. Agr. Chem. 1861/1862. Jg. 4. S. 56—61.
Askenasy E. Beiträge zur Kenntniss des Chlorophylls und einer dasselbe begleitender Farbstoffe // Bot. Ztg. 1867. Jg. 25, N 29. S. 225—230; N 30. S. 233—238.
Askenasy E. Ueber die Zerstörung des Chlorophylls lebender Pflanzen durch das Licht // Ibid. 1875. Jg. 33. S. 496—499.
Askenasy E. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Farbe der Blüthen // Ibid. 1876. Jg. 34. S. 1—7.
Assimilation und Ernährung // Jahresber. Agr. Chem. 1863. Jg. 4. S. 77—149.
Bach O. Ueber das Solanin // J. prakt. Chem. N. F. 1873. Bd. 7. S. 248—251.
Baeyer A. Ueber die Wasserentziehung und ihre Bedeutung für das Pflanzenleben und die Gährung // Ber. Dt. chem. Ges. 1870. Bd. 3. S. 63—78.
Bailey J. W. On the crystals which occur spontaneously formed in the tissues ot plants // Amer. J. Sci. and Arts. 1875. Vol. 48. P. 17—32.
Baillon H. Expériences simples sur l'absorption de l'eau par les feuilles // Bull. Soc. Linn. Paris. 1874. P. 18—19. (Ref.: Justus Botanischer Jahresbericht. 1875. Jg. 2. S. 756. Далее: Bot. Jahresber.).
Baillon H. Experiences sur l'absorption par les racines du suc du Phytolacca decandra // C. r. Acad. sci. 1875. T. 80. P. 426—429.
Baltzer A. Ueber den natürlichen Verkohlungsprocess // Vierteljahresschrift natur. Ges. Zürich. 1872. S. 49. (Ref.: Bot. Jahresber. 1873. Jg. 1. S. 295).
Baranetzky O. Bemerkungen über die Wirkung des Lichtes auf Vegetationsprocesse und Chlorophyllzersetzung // Bot. Ztg. 1871. Jg. 29, N 13. S. 193—197.
Baranetzky O. Ueber den Einfluss einiger Bedingungen auf die Transpiration der Pflanzen // Ibid. 1872. Jg. 30, N 5/7. S. 65—112.
Baranetzky O. Die Stärkeumbildenden Fermente in den Pflanzen. Leipzig: Felix, 1878. 68 S.
Barthélemy A. Du passage gaz à travers des membranes colloïdales d'origine végétale // C. r. Acad. sci. 1873a. T. 77. P. 427—429.
Barthélemy A. De l'exhalation aqueuse des plantes dans l'air et l'acide carbonique // Ibid. 1873b. T. 77. P. 1080—1083.
Barthélemy A. De la respiration et de la circulation des gaz dans les végétaux // Ann. sci. natur. Sér. 5., Bot. 1874. T. 19. P. 131—175.
Barthélemy A. Sur les réservoirs hydrophores des Dipsacus // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1878. T. 7. P. 340—346.
Batalin A. Über die Wirkung des Lichtes auf das Gewebe einiger mono- und dikotyledoner Pflanzen // Mél. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1870. T. 7. P. 269—302.
Batalin A. Ueber die Zerstörung des Chlorophylls in den lebenden Organen // Bot. Ztg. 1874. Jg. 32. S. 433—439.
Batalin A. Die Einwirkung des Lichtes auf die Bildung des rothen Pigmentes // Acta horti Petropolit. 1879. Vol. 6, N 1. P. 278—286.
Baudrimont A. Untersuchungen über die Zuckerrübe // Biedermann's Cbl. Agriculturchem. 1879. S. 916. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 262).
Bazral J. A. // J. Agr. 1877. P. 446. (Ref.: Cbl. Agriculturchem. 1878. S. 362; *Wolff.* 1880. Bd. II. S. 19).
Bechamp A. // Ztschr. vereins Rübenzuckerindustr. 1871. Bd. 21. S. 616. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 109).
Béchamp J. Sur un cas remarquable de réduction de l'acide nitrique et d'oxydation de

l'acide acétique, avec production d'abcool, sous l'influenze de certains microzymas // C. r. Acad. sci. 1876. T. 83. P. 158—159.
Bechi E. Saggi di experienze agrarie. Firenze, 1870. Fasc. 1. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 103).
Becquerel A. E. Du thermomètre électrique et de son emploi pour la détermination de la température de l'air, de celle de la terre et des vérgetaux // C. r. Acad. sci. 1858. T. 47. P. 717—721.
Becquerel A. E. Troisième mémoire sur la température des végétaux // Ibid. 1860. T. 50. P. 136—141.
Becquerel A. E. La lumiere, ses causes et ses effets. P. T. 1. 1867. 431 p.; T. 2. 1868. 377 p.
Beek A. van. Temperature propre des plantes // C. r. Acad. sci. 1840. T. 10. P. 36—38.
Beek A. van, Bergsma C. A. Observations thermo-electriques sur l'élévation de température des fleurs de Colocasia odorata. Utrecht: Natan, 1838. 14 p.
Beek A. van, Bergsma C. A. Elevation de la temperature de fleurs de Calocasia odorata // C. r. Acad. sci. 1839. T. 8. P. 454—455.
Behrens W. J. Die Nectarien der. Blüthen: Anatomischen-physiologische Untersuchungen // Flora. 1879. Bd. 62, N 1. S. 2—11.
Bellamy F., Lechartier G. Sur la presence du zinc dans le corps des animaux et dans les végétaux // C. r. Acad. sci. 1877. T. 84. P. 687—690. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1877. Jg. 17. S. 118).
Bender C. Das Gas des Aepfel // Ber. Dt. chem. Ges. 1875. Bd. 8. S. 112—114.
Bente F. Ueber die Constitution des Tannen und Pappelholzes // Ibid. 1875. Bd. 8. S. 476—479.
Bergstrand C. E. // Ann. Landwirt. Wochenbl. 1872. S. 429. (*Wolff*, 1880. Bd. II. S. 108).
Bergstrand C. E. Ueber Auswitterungen von Alaunsalzen und ihren Einfluss auf die Vegetation // Ofversigt Kgl. Vetenskapsakad. förhandl. 1875. N 1. S. 27—39. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 879—880).
Bernard C. Lesons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. P.: Baillière. T. 1. 1878. 404 p.; T. 2. 1879. 964 p.
Bert P. Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression baromètrique exercent sur les phénomènes de la vie // C. r. Acad. sci. 1873a. T. 77. P. 531—535.
Bert P. Recherches expérimentales sur l'influence que les changements dans la pression, barométrique exercent sur les phénomènes de la vie // Ibid. 1873b. T. 76. P. 1493—1497.
Bert P. Influence de l'air comprime sur les fermentations // Ibid. 1875. T. 80. P. 1579—1582.
Berthelot E. M. Sur la fermentation glucosique du sucre de canne // Ibid. 1860. T. 50. P. 980—984.
Berthelot E. M. Sur l'absorption de l'azote libre par matières organiques à la température ordinaire // Ibid. 1876. T. 82. P. 1283—1285.
Berthelot E. M. Sur l'absorption de l'azote et de l'hydrogene libres et purs par les matieres organiques // Ibid. 1876. T. 82. P. 1357—1360.
Berthelot E. M. Observations sur la communication // Ibid. 1876. T. 83. P. 8—11.
Berthelot E. M. Sur l'absorption de l'azote libre par les principes immediats des vegetaux, sous l'influence de l'electricité atmospherique // Ibid. 1876. T. 83. P. 677—682.
Berthelot E. M. Observations sur une note de M. D. Cochin, relative à la fermentation alcoolique // Ibid. 1879. T. 89. P. 806—808.
Beyer A. Untersinungen über den Frühjahrssaft der Beike // Chem. Ackersmann. 1865. S. 26. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1867. Jg. 8. S. 167—169).
Beyer A. // Stöckhard's Chem. Ackermann. 1867. Bd. 24. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 123).
Beyer A. Über die Keimung der gelben Lupinensamen // Landw. Versuchs-Stat. 1871. Bd. 14. S. 161—176.
Beyer A., Reich // Ibid. 1866. Bd. 8. S. 455. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 56).
Birner H., Lucanus B. Wasserculturversuche mit Hafer // Ibid. 1866. Bd. 8. S. 128—177.
Bisdom D. R. // Chem. Pharm. Cbl. 1861. S. 176. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 132).

Bisdom D. R. Chemische Analyse der Asche von Elodea canadensis // Arch. Holland. Beitr. Natur- und Heilkunde. 1863. Bd. 3. S. 135—140.
Blankenhorn A. Ueber den Einfluss des Alkoholzusatzes zu Most auf den Verlauf der Gährung // Ann. Oenol. Bd. 4, N 3. S. 168. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 2. S. 351).
Blund T. P., Downer. // Jahresber. Agr. Chem. 1880. Jg. 21. S. 579.
Böhm J. Beitrage zur näheren Kenntniss des Chlorophylls // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Kl. Abt. 2. 1857. Bd. 22. S. 479—512.
Boehm J. Ueber den Einfluss der Sonnenstrahlen auf die Chlorophyllbildung und Wachstum der Pflanzen überhaupt // Ibid. 1859. Bd. 37. S. 453—476.
Boehm J. Über die Ursache des Saftsteigens in den Pflanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Abt. 1. 1863. Bd. 48. S. 10—24.
**Boehm J. A.* // Ibid. 1864.
Boehm J. A. Wird das Saftsteigen in den Pflanzen durch Diffusion, Capilarität oder durch den Luftdruck bewirkt? // Sitzungsber. Akad. Wiss. 1865. Bd. 51. S. 525—563.
Boehm J. Über die Entwickelung von Gasen aus abgestorbenen Pflanzentheilen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Cl. Abt. 2. 1866. Bd. 54. S. 176—196.
Boehm J. Ueber die Respiration von Landpflanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Abt. 1. 1873. Bd. 67. S. 219—251.
Boehm J. Über das Keimen von Samen in reinem Sauerstoffgase // Ibid. 1874a. Bd. 68. S. 132—141.
Boehm J. Ueber die Stärkebildung in den Keimblättern der Kresse, des Rettings und des Leins // Ibid. 1874b. Bd. 69. S. 163—198.
Boehm J. Ueber den vegetablischen Nährwerth der Kalksalze // Ibid. 1875a. Bd. 71. S. 481—511.
Boehm J. Ueber eine mit Wasserstoffabsorption verbundene Garung // Ibid. 1875b. Bd. 71. S. 702—718.
Boehm J. A. Ueber die Aufnahme von Wasser und Kalksalzen durch die Blätter // Trageblatt der Versammlung deutsche Naturforscher und Artze in Hamburg. Hamburg, 1876. Beilage. S. 114. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 246—247; Landw. Versuchs-Stat. 1877. Bd. 20. S. 51—59).
Boehm J. A. Ueber die Wasserbewegung in transspirirenden Pflanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1877. Bd. 20. S. 357—389.
Boehm J. A. Ueber Druckkräfte in Stammorganen // Bot. Ztg. 1880. Jg. 38, N 3. S. 33—48.
Bonnier C. Les nectaires: Étude critique anatomique et physiologique // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1879. Vol. 8. P. 5—212.
Borodin I. Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner in den grünen Theilen der Phanerogamen // Mém. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1869. T. 7. P. 50—77.
Borodin I. Sur la respiration des plantes pendant leur germination // Atti del Congr. intern. bot. tenuto in Firenze. Firenze, 1874. P. 146—154.
Borodin I. Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Entwickelung von Vaucheria Sessilis // Bot. Ztg. 1878a. Jg. 36. S. 497—500.
Borodin I. Ueber die physiologische Rolle und die Verbreitung des Asparagins im Pflanzenreiche // Ibid. 1878b. Jg. 36. S. 801—832.
Borodin I. Untersuchungen über die Pflanzenathmung // Mém. Acad. Sci. St.-Pétersbourg. 1881. T. 28, N 4. P. 1—54.
Borščkow E. Zur Frage über die Ausscheidung der freien Ammoniaks bei den Pilzen // Bull. Acad. sci. St.-Petersbourg. 1870. T. 14. P. 1—23.
Borščkow E. Beiträge zur Histochemie der Pflanze. Ueber die Vertheilung einiger organischen Verbindungen in den Gewebeelementen des Pflanzen-Körpers // Bot. Ztg. 1874. Jg. 32. S. 17—25, 33—40.
Botom, Russ // Kriegs Med. J. 1875. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 135—136).
Böttger. // Neue Frankfurt. Ztg. 1864. N 28.— Idem // Polytechn. Cbl. 1864. N 764. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1866. Jg. 7. S. 99).
Boussingault J. B. Economie rurale. T. 1. P.: Bechet, 1851. 819 p.

Boussingault J. B. Agronomie, chimie agricole et physiologie. T. 1. P.: Gauthier, 1860. 344 p.
Boussingault J. B. Agronomie, chimie agricole et physiologie. T. 2. P.: Gauthier, 1861. 350 p.
Boussingault J. B. Agronomie, chimie agricole et physiologie. T. 3. P.: Gauthier, 1864. 409 p.
Boussingault J. B. Etude sur les fonctions des feuilles // C. r. Acad. sci. 1865. T. 60. P. 872—880.
Boussingault J. B. Agronomie, chimie agricole et physiologie. T. 4. P.: Gauthier, 1868. 405 p.
Boussingault J. B. Sur la rupture de la pellicule des fruits exposes à une pluie continue; experiences sur l'endosmose, faites sur des feuilles et sur des racines // Ann. chim. et phys. Ser. 4. 1873. T. 29. P. 360—367.
Boussingault J. B. Agronomie, chimie agricole et physiologie. T. 5. P.: Gauthier, 1874. 428 p.
Boussingault J. Etudes sur les fonctions physiques des feuilles: transpiration, absorption de la vapeur aqueuse, de l'eau, des matieres salines // Ann. chim. et phys. Ser. 5. 1878a. T. 13. P. 289—394.
Boussingault J. B. Sur la composition du lait de l'arbre de la vache (Brosimum galactodendron) // Ibid. 1878. T. 15. P. 180—184. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878b. S. 294).
Boussingault J. Sur la fermentation alcoolique rapide // C. r. Acad. sci. 1880. T. 91. P. 373—376.
Boutroux L. Sur la fermentation lactique // Ibid. 1878. T. 86. P. 605—607.
Brasch A., Rabe H. Wasserculturversuche mit Buchweizen // Landw. Wochenbl. Schleswig-Holstein. 1875. S. 560—562.— Idem // Biedermann Cbl. Agriculturchem. 1876. Bd. 9. S. 122—124.— Idem // Landw. Cbl. Deutschland. 1876. S. 113—115. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 1—889).
Brefeld O. Mucor racemosus und Hefe, nebst einigen Bemerkungen zur Systematik der Pilze // Flora. 1873. Bd. 56. S. 385—400.
Brefeld O. Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze. H. 2. Leipzig: Felix, 1874. 111 S.
Brefeld O. Methoden zur Untersuchung der Pilze (1874) // Med. Ges. Würzburg. 1875a. Bd. 8. S. 96—133.
Brefeld O. Untersuchungen über Alkohol Gährung. II // Phys. Med. Verhandl. Würzburg. 1875b. Bd. 8. S. 96—111.
Brefeld O. Ueber Gährung. III. Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgährung im Pflanzenreiche // Landw. Jahresber. 1876. Bd. 5. S. 281—395.
Brefeld O. Ueber die Bedeutung des Lichtes für die Entwickelung der Pilze // Sitzungsber. Ges. naturforsch. Freunde. 1877. 17. Apr. S. 127—136.
Bretschneider C. // Landw. Versuchs-Stat. 1861. Bd. 4. S. 108. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1863. Jg. 4. S. 123).
Bretschneider C. // Mitt. Landw. Centralvereins Schlesien. 1861b. H. 12. S. 93. (*Wolff.* 1871. T. I. S. 96).
Bretschneider C., Küllenberg // Ibid. 1861. H. 12. S. 76. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 87).
Bretschneider C., Küllenberg // Ibid. 1862. H. 13. S. 70, 121. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 86, 108).
Bretschneider C., Metzdorf // Ibid. 1860. H. 11. S. 112. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 87).
Bretschneider P. Untersuchungen über die Wachsthumsverhäetnisse der Haferpflanze // J. prakt. Chem. 1859. Bd. 76. S. 193—223.
Briosi G. Ueber allgemeines Vorkommen von Stärke in den Siebröhren // Bot. Ztg. 1873a. Jg. 31, N 20/23. S. 305—352.
Briosi G. Ueber normale Bildung von fettartiger Substanz im Chlorophyll // Ibid. 1873b. Jg. 31. S. 528—533.
Briosi G. Sopra la generale presenza d'amido nei vasi crivellati // Nuov. G. bot. ital. 1875. P. 81—108. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 1—878).
Broome C. H. On a luminous fungus // J. Bot. 1874. N 133. P. 29. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 2. S. 214).
Brücke E. Ueber das Bluten des Rebstockes // Ann. Phys. und Chem. 1844. Bd. 68. S. 177—214.

Brunner H. Sur la formation des acides des fruits // Bull. Soc. Vaudoise Cs. natur. 1874. T. 13. P. 341—356. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 831).
Buignet H. Recherches sur la matière sucrèe contenue dans les fruits acides; son origine, sa nature et ses transformations // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1861. T. 61. P. 233—308.
Bull. (*Schulz A.* 1878).
Bull. Liebig Agriculturchem. Bd. 1. Abt. 8. S. 343. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 134).
Bunge G. Ueber den Natrongehalt der Pflanzenaschen // Ann. Chem. und Pharm. 1874. Bd. 172. S. 16—27. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 2. S. 461).
Bunsen R. W. E. Gasometry, comprising the leading physical and chemical properties of gases. L.: Walton and Maberly, 1857. 298 p.
Bunsen R. W. E., Roscoe H. Photochemische Untersuchungen. 2 // Poggendorffs Ann. Phys. und Chem. 1857. Bd. 50. S. 481—494.
Bürgerstein A. Untersuchungen über das Verkommen und die Entstehung des Holzstoffes in den Geweben der Pflanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1874. Bd. 70. S. 338—355.
Bürgerstein A. Untersuchungen über die Beziehungen der Nährstoffe zur Transpiration der Pflanzen // Ibid. 1876. Bd. 73. S. 191—244.— Idem // Ibid. 1879. Bd. 78. S. 607—636.
Cahours A. Recherches sur la respiration des fleurs // C. r. Acad. sci. 1864. T. 58. P. 1206—1209.
Cailletet L. De l'influence des divers rayons coloreés sur la décomposition de l'acide carbonique par les plantes // Ibid. 1867. T. 65. P. 322—325.
Cailletet L. Les feuilles des plantes peuvent-elles absorber l'eau liquide? // Ibid. 1871. T. 73. P. 681—684.
Cameron Ch. A. On the sources of nitrogen of plants // Chem. News. 1860. Vol. 2. P. 145—146. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1861. Jg. 2).
Cameron Ch. A. Aufnahme von Selen durch Pflanzen // Chem. Cbl. F. 3. 1879. Jg. 10. S. 505.
Camille St. Pierre, Magnien L. // Ann. chim. phys. Sér. 5. 1876. T. 9. P. 131. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 2. S. 893).
Carles P. Repartition des alcaloides dans les quinquinas // J. pharm. 1873. T. 17. P. 22—28.
Cauvet D. Sur l'absorption des liquides colores // C. r. Acad. sci. 1875. T. 81. P. 52—54.
Cauvet D. Note sur le dégagement de l'acide carbonique par les racines les plantes // Bull. Soc. bot. France. 1880. T. 27. P. 43—49.
Cerletti C. B. Saggio di uno Studio dei vini bassato sulla loro comrosizione chimica // Staz. sper. agr. ital. 1876. Vol. 4. P. 217—234. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. Bd. 1. S. 317).
Chevandier E. Recherches sur la composition élémentaire des different bois, et sur le rendement annuel d'un nectare de forêts // Ann. chim. Sér. 3. 1844. T. 10. P. 129—162.
Chlasiwetz H., Habermann J. Ueber die Proteinstoffe // Ann. Chem. und Pharm. 1873. Bd. 169. S. 150—166.
Church A. H. Some contribution to plant chemistry // J. Bot. N. S. 1875. Vol. 4. P. 169—172. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 871).
Cienkowski L. Die Pseudogonidien // Jahrb. wiss. Bot. 1858a. Bd. 1. S. 371—376.
Cienkowski L. Zur Genesis eine einzelligen Organismus // Mém. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1858b. T. 2. P. 359—369.
Cienkowski L. Über meinen Beweis für die Generatio primaria // Ibid. 1858c. T. 3. P. 1—21.
Clark W. S. The circulation of sap in plants. Boston, 1874.— Idem // Flora. 1875. Bd. 58, N 30. S. 507—512.
Cloëz S. Recherches expérimentales sur la nitrification et sur la source de l'azote dans les plantes // C. r. Acad. sci. 1855. T. 41. P. 935—938.
Cloëz S. Recherches sur la nitrification et considération générales sur le rôle des nitrates dans la végétation, leçon professée le 15 mars 1861 à la Société Chimique de Paris. P.: Lahure, 1862. 62 p.

Cloëz S. Remarques sur la décomposition du gaz acide carbonique par les feuilles diversement colorées: // C. r. Acad. sci. 1863. T. 57. P. 834—837.
Cloëz S., Gratiolet P. Recherches expérimentales sur la végétation des plantes submergées // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1851. T. 32. P. 41—68.
Cochin D. Sur la fermentation alcoolique // C. r. Acad. sci. 1879. T. 89. P. 786—788.
Cochin D. Sur la fermentation alcoolique // Ann. chim. et phys. Sér. 5. 1880. T. 20. P. 95—98.
Cohn F. Ueber die Gesetze der Bewegung der Microscopischen Pflanzen und Thiere unter Einfluss des Lichtes // Dt. Naturforsch. Ber. 1865. Bd. 40. S. 219—222.
Cohn F. Ueber die Function des Blasen von Aldrovanda und Utricara // Beitr. Biol. Pflanzen. 1870. Bd. 1, H. 3. S. 71—92.
Cohn F. Untersuchungen über Bacterien // Ibid. 1875. Bd. 1, H. 2. S. 127–224; H. 3. S. 141—207.
Cohn F. Insecten verzehrenden Pflanzen // Bot. Ztg. 1876. Jg. 34. N 46. S. 697.
Cölestin H. Physiologische Untersuchungen über die Keimung das Gerstenkornes: Inoug. Diss. Darmstadt, 1876. 45 S. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. S. 877).
Collier P. Annual report of the commisioner of Agricultur Society, 1878. Wash. (D. C.), 1879. 185 p. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 24).
Comes O. Azione della temperatura, della umidita relative e della luce sulla transpirazione delle Piante // Estratto dal Rendicoto della Reale Academia dello Scienze fisiche e matematiche di Napoli. Anne XVII, Fasc. V. P. VI. (Ref.: Bot. Ztg. 1879. Jg. 37, N 5. S. 77—80; Jahresber. Agr. Chem. 1879. Jg. 20. S. 235).
Comes O. Richerches sperimentali intorno all azione della luce sulla transprirazioné delle piante. Napoli, 1879. 16 p. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 225—227).
Contejean C. La coude dans les vegetaux // C. r. Acad. sci. 1878. T. 86. P. 1151—1153. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. S. 592).
Corenwinder B. Etudes sur les migrations du phosphore dans les végétaux // Ibid. 1860. T. 50. P. 1135—1137.
Corenwinder B. Recherches sur l'expiration nocturne et diurne des feuilles // Ibid. 1863. T. 57. P. 266.
Corenwinder B. Recherches sur la composition chimique et les fonctions des feuilles des vegetaux // Ann. chim. et phys. Sér. 5. 1878a. T. 14. P. 48—133.
Corenwinder B. Recherches sur la composition chimique et les fonctions des feuilles des végétaux // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1878b. T. 6. P. 303—317.
Cornu M. Note sur une culture de Melampyrum Arvense à l'aide du blé // Bull. Soc. bot. France. 1876. T. 23. P. 195—197.
Cornu M. Sur le cheminement du plasma au travers des membranes vivantes non perforées // C. r. Acad. sci. 1877. T. 84. P. 133—135.
Crüger H. Westindische Fragmente // Bot. Ztg. 1857. Jg.15, N 17/18. S. 281—313.
Darwin Ch. Insectivorous plants. L.: Murray, 1875. 462 p.
Darwin Fr. Experiments on the nutrition of Drosera rotundifolia (1878) // Linn. Soc. Bot. 1880. Vol. 17. P. 17—32.
Daubeny Ch. On the action of light upon plants and of plants upon the atmosphere // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1836. Ser. A, N 126. P. 149—176.
Davy E. W. On the presence of arsenic in some artificial manures and its absorption by plants grow with such manures // Philos. Mag. 1859. Vol. 18. P. 108—113.— Idem // Natur. Hist. Rev. 1859. N 6. P. 276—280.— Idem // J. prakt. Chem. 1859. Bd. 79. S. 330.
De Bary A. Die Mycetozoen. 2. Aufl. Leipzig: Engelmann, 1864. 132 S.
De Bary A. Ueber die Wachs über Züge der Epidermis // Bot. Ztg. 1871. Jg. 29, N 9. S. 129—139; N 10. S. 145—154; N 11. S. 161—176.
De Bary A. Vergleichende Anatomie der Vegetations Organe der Phanerogamen. Leipzig: Engelmann, 1877. 663 S.
De Vries H. Ueber A. Mayer's vermeintliche Entdeckung eines Uebergangsgliedes zwischen Koulensäure und Stärke bei der Assimilation der Pflanzen // Landw. Jahrb. 1876. Bd. 5. S. 469—479, 655.
De Vries H. // Ibid. 1879a. Bd. 8. S. 117. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. S. 277).
De Vries H. Beiträge zur speciellen Physiologie Landwirtschaftlicher Culturpflanzen.

VII. Wachsthumsgeschichte der Zuckerrübe // Ibid. 1879b. Bd. 8. S. 417—478. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 276—280).
De Vrii J. E. Dans quel état les alcaloides des quinquinas des Indes existent-ils dans l'ecorce? // J. pharm. et chim. Sér. 4. 1878. T. 28. P. 324—325. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. S. 233).
Dehérain P. P. Sur l'évaporation de l'eau et la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles des végétaux // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1869. T. 12. P. 5–23.
Dehérain P. P. Observations sur le mémoire de M. Wiesner // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1876. T. 4. P. 177—179.
Dehérain P. P. Expériences sur l'influence qu'exerce la lumière électrique sur le développment des végétaux, exécutées à l'exposition d'électricité de 1881 // Ann. agron. 1881. T. 7. P. 551—575. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 22. S. 177).
Dehérain P. P., Landrin E. Recherches sur la germination // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1874. T. 19. P. 358—390.
Dehérain P. P., Maquenne L. Sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles éclairées par des lumières artificielles // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1878. T. 9. P. 47—56.
Dehérain P. P., Moissan H. Recherches sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique par les plantes maintenaes dans l'obscurité // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1874. T. 19. P. 321—357.
Dehneke C. Ueber nicht assimilirende Chlorophyllkörper: Inaugural Diss. (Ref.: Bot. Ztg. 1880. Jg. 38. S. 795—798).
Delachanal B., Mermet A. Nouveau tube spectro-électrique (fulgurator modifié) // Bull. Soc. chim. France. 1876. T. 25. P. 194—197. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1875. Jg. 15. S. 131).
Demeter K. Rosanoff-Féle krystalycsolortok az urticaceaklam // Magy. novenytani lapok. Evf. 1882. Köt. 5, N 51/52. Old. 32—37. (Ref.: Uhlv. Bot. Cbl. 1881. S. 341).
Desbarres L. Sur la migration les principles immediats dans les plantes liqueuses // Ann. agron. 1879. T. 5. P. 422–424. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1879. Jg. 20. S. 201).
Dessaignes V., Chautard J. Beobachtungen aus der organischen Chemie // Jour. prakt. Chem. 1848. Bd. 45. S. 45—56.
Detmer W. Physiologisch-chemische Untersuchungen über die Keimung Ölhaltiger Samen und die Vegetation von Zea mays. Jena: Frommann, 1875. 103 S. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 3. S. 853).
Detmer W. Ueber die Aufnahme des Wassers seitens der Pflanzen // Forsch. auf d. Gebiete der Agriculturphysik/Hrsg. von E. Wollny. Heidelberg, 1878. Bd. 1. S. 166—181.
Detmer W. Vergleichende Physiologie des Keimungsprocesses der Samen. Jena: Fischer, 1880. 565 S.
Detmer W. System der Pflanzen-Physiologie. A. Schenk's Handbuch der Botanik, h. 2. B., E. Trewendt. 1882. S. 1–158, 447–555.
Dickstein S. Ueber die Sphaerokrystalle bei Canna // Mitt. Univ. Warschan. 1875. N 4. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 828).
Dillwin L. W. Britisch confervae. Pt 1—3. L.: Phillips, 1802. 210 p.
Dippel L. Das Microscop und seine Anwendung. Th. 1–2. Braunschweig, 1869. 490 S.
Ditmann // Wolff. 1880. Bd. II. S. 72.
Donath E. Ueber den invertirenden Bestandtheil der Hefe // Ber. Dt. chem. Ges. 1875. Jg. 8. S. 795—797.
Doyère M. P. L. M. Etude sur la respiration // Ann. chim. Sér. 3. 1850. T. 28. P. 5—55.
Dragendorff J. G. N. Chemische Beitrage zur Pomologie (1878) // Arch. Naturk. Liv.-Est- und Kurlands. 1882. Bd. 8, Lfg. 2. S. 139–240.
Draper J. W. On the decomposition of carbonic acid // Philos. Mag. Ser. 3. 1843. Vol. 23. P. 161—175.
Draper J. W. Note on the decomposition by the leaves of plants under the influence of yellow light // Ibid. 1844a. Vol. 25. P. 159—173.
Draper J. W. A treatise on the forces which produce the organization of plants. N. Y: Harper and Bros, 1844b. 324.
Draper J. W. On the decomposition of carbonic acid and the alcaline carbonates by the light of the sun // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1844c. T. 11. P. 314—228.

Drude O. Die biologie von Monotropa hypopitys L. und Neottia nidus avis L. Göttingen: Kaestern, 1873. 68 S.
Dubrunfaut. Note sur une propiété xalytique des fermentations alcoolique et lactique, et sur leuz application à l'étude des suers // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1847. T. 21. P. 169—178.
Dubrunfaut. Note sur la chaleur et le travail mécanique produits par la fermentation vineuse // C. r. Acad. sci. 1856. T. 42. P. 945—948.
Duchartre P. Recherches physiologiques, anatomiques et organogéniques sur la colocase des anciens (Colocasia antiquorum) // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1859. T. 12. P. 232—279.
Duchartre P. L'eau de la pluie qui moille et lave les organes extérieurs des plantes est-elle absorbée directement? Recherches expérimentales sur cette question // C. r. Acad. sci. 1860. T. 50. P. 359—360.
Duchartre P. Recherches expérimentales sur les rapports des plantes avec la rosée et les brouillards // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1861. T. 15. P. 109—160.
Duclaux E. Sur le dosage de trés-petites quantités de cuivre, et la preséence de ce mètal dans les cacao et chocolats // Bull. Soc. chim. France. 1871. T. 16. P. 33—36.
Duclaux E. Ueber die Gegenwart des Kupfers in der Cacao // Ibid. 1872. T. 17. P. 33. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 291).
Ducluseau J. A. P. Essai sur l'histoire naturelle des conferves des environs de Montpellier. Montpellier, 1805. 8 p.
Duhamel du Monceau H. L. La physique des arbres. P.: Guerin et Delatour, 1758. T. 1. 306 p.
Dulk L. Förstlich-chemische Untersuchungen. 1—4 // Landw. Versuchs-Stat. 1875. Bd. 18. S. 173—215.
Dumas J. B. A., Boussingault J. B. Essai de statique chimique des êtres organisés. 3[e] ed. P.: Masson, 1844. 143 p.
Dutrochet H. Memoire sur l'usage physiologique de l'oxygéne considéré dans les rapport avec les excitans // Mém. Acad. sci. 1838. T. 14. P. 81—93.
Dutrochet H. Recherches sur la chaleur propre des êtres vivans à basse température // Ann. sci. natur. Sér. 2, Bot. 1840. T. 13. P. 5—49, 65—85.
Duval-Jouve J. Histotaxie des feuilles de graminées // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1875. T. 1. P. 294—371.
Dworžak H. Baryt unter den Aschenbestandtheilen des Agyptischen Weizen // Landw. Versuchs-Stat. 1874. Bd. 17. S. 398—400.
Eder C. Untersuchungen über die Ausscheichung von Wasserdampf bei den Pflanzen (1875) // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Abt. 1. 1876. Bd. 72. S. 241—376.
Eichhorn C. H. A. Über das Lupinin // Landw. Versuchs-Stat. 1867. Bd. 9. S. 272—276.
Elfving F. Ueber eine Beziehung zwischen Licht und Etiolin // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1879. Bd. 2. S. 495—499.
Emery H. De l'action exercée par les organes foliaces et foliiformes sur radiations calorifiques // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1873. T. 17. P. 195—204.
Emmerling A. Studien über die Eiweissbildung in der Pflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1880. Bd. 24. S. 113—160.
Engelmann T. W. Neue Methode zur Untersuchung der Sauerstoffausscheidung Pflanzlicher und thierischer Organismen // Bot. Ztg. 1881. Jg. 39. S. 441—448.
Erdmann J. Ueber die Concretion in den Birnen // Ann. Chem. und Pharm. 1866. Bd. 138, H. 1. S. 1—19.
Erdmann J. Ueber die Constitution des Tannenholzes // Ibid. 1867. 5. Supplementband. S. 223—232.
Erikson J. Ueber Wärmebildung durch intramolekulare Atmung der Pflanzen // Arb. bot. Inst. Tübingen. 1881. Bd. 1. S. 105—133. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 22. S. 173).
Ernst A. Botanische Miscellaneen // Bot. Ztg. 1876. Jg. 34, N 3. S. 33—48.
Fabre J.-H. Recherches sur la cause de la phosphorescence de l'agaric de l'Olivier // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1855. T. 4. P. 179—197.
Faivre E. Recherches sur la formation du latex et des laticifères, pendant l'évolution germinative, chez l'embryon du Tragopogon porrifolius // C. r. Acad. sci. 1879a. T. 88. P. 269—272.

Faivre E. Le latex pendant l'évolution germinative du Tragopogon porrifolius, effectuée dans des conditions diverses de milieu extérieur // Ibid. 1879b. T. 88. P. 369—372.
Famintzin A. Untersuchungen über das Reifen der Trauben (1860) // Ber. Verhandl. Naturforsch. Ges. Freiburg, 1862. Bd. 2. S. 177—202.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf das Wachsen der Keimenden Kresse // Mém. Acad. sci. St.-Petersbourg. Sér. 7. 1865a. T. 8, N 15. P. 1—19.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichts auf das Wachsen der keimenden Kresse // Mél. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1865b. T. 5. P. 161—166.
Famintzin A. Die Wirkung des Kerasin-Lampenlichtes auf Spirogyra orthospira Naeg // Ibid. 1865c. T. 5. P. 528—543.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf das Ergrünen der Pflanzen // Ibid. 1868a. T. 6. P. 94—100.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf Algen und einige andere ihnen nahe verwandte Organismen // Jahrb. wiss. Bot. 1868b. Bd. 6. S. 1—44.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf Spirogyra // Mél. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1868c. T. 6. P. 277—293.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf die Zelltheilung der Spirogyra // Ibid. 1868d. T. 6. P. 593—621.
Famintzin A. Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hülfsmittel zum Studium der Entwickelungsgeschichte der niederen Pflanzen // Bot. Ztg. 1871. Jg. 29, N 46. S. 781—796.
Famintzin A. Beitrag zur Keimung des Kresse // Mél. biol. Acad. sci. St.-Pétersbourg. 1872. T. 8. P. 593—596.
Famintzin A. Die Wirkung des Lichtes auf die Zelltheilung // Ibid. 1877. T. 9. P. 131—147.
Famintzin A. Die Wirkung der Intensität des Lichtes auf die Kohlensäurezersetzung durch Pflanzen // Ibid. 1880. T. 10. P. 401—426.
Famintzin A., Borodin I. Ueber transitorische Stärkebildung bei der Birke // Bot. Ztg. 1867. Jg. 25, N 46. S. 385—387.
Famintzin A., Borodin I. Ueber transitorische Stärkebildung bei der Birke // Bull. Acad. sci. St.-Petersbourg. 1868a. T. 12. P. 113—119.— Idem // Mél. biol. Acad. sci. St.-Petersbourg. 1868b. T. 6. P. 294—302.
Farsky F. Resultate zwejährige Vegetationsversuche in künstlichen Nährstofflösungen beziehungsweise im natürlichen Boden // Biedermann Cbl. Agriculturchem. 1879. S. 669—671. (Ref.: Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 265—266).
Fittbogen I. Untersuchungen über die Aschenbestandtheile der Haferwurzeln und ihr Verhältniss zu der oberirdischen Pflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 474—483.
Fittbogen I. Untersuchung von Phragmites communis: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Grässer // Ibid. 1865. Bd. 7. S. 302–307.
Fittbogen I. // Vochenbl. Ann. Landw. 1868. S. 91. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 133).
Fittbogen I. Altes und Neues aus dem Leben der Gerstenpflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1870. Bd. 13. S. 82—136.
Fitz A. Ueber alkoholische Gärung durch Mucor Nucedo // Ber. Dt. chem. Ges. 1873. Bd. 6. S. 48—58.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. I // Ibid. 1876. Bd. 9. S. 1348—1352.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. II // Ibid. 1877. Bd. 10. S. 276—283.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. III // Ibid. 1878a. Bd. 11. S. 42—55.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. IV // Ibid. 1878b. Bd. 11. S. 1890—1899.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. V // Ibid. 1879. Bd. 12. S. 474—481.
Fitz A. Ueber normalen propylalkohol aus Glycerins // Ibid. 1880a. Jg. 13. S. 36.
Fitz A. Ueber die Gärung des Glycerins. VI // Ibid. 1880b. Bd. 13. S. 1890—1899.
Fitz A. Ueber Spaltpilzgährungen. IV // Ibid. 1880c. Jg. 13. S. 1309—1312.
Flahault Ch. Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les phanérogames // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1878. T. 6. P. 1—175.
Fleischer M. Schriftliche Mitteilung // (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 80).
Fleischmann W., Hirzel G. Untersuchungen über den Hopfen // Landw. Versuchs-Stat. 1867. Bd. 9. S. 178—202.
Fleury G. Recherches chimiques sur la germination // Ann. chim. 1865. T. 4. P. 38—65.

Flückiger F. A. Lehrbuch der Pharmakognosie des Pflanzenreiches. B.: Gaertner, 1867. 748 S.
Focke W. O. Ueber das Vorkommen von Lithium im Pflanzenreich // Verh. natur. Vereins Bremen. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 291).
Focke W. O. Neue Beobachtungen über Lithium im Pflanzenreiche // Abh. natur. Vereins Bremen. 1876. Bd. 5, H. 2. S. 451—452. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 901).
Forchhammer G. // Wolff. Chem. Forschungen. 1847. S. 304. (*Wolff.* 1871. T. I. S. 131; *Либих Ю.* 1864. С. 244—247).
Forchhammer G. Fortsatte undersögelser over kogsaltets indivirkning ved mineraliernes dannelse // Ann. Phys. und Chem. 1855. Bd. 95. S. 60—96.
Frank A. B. Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstenung der Vegetableischen Schleime (1865) // Jahrb. wiss. Bot. 1867. Bd. 5. S. 161—200.
Frank A. B. Ueber die Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner und des Protoplasmas in der Zelle, und deren innere und aussere Ursachen (1870) // Ibid. 1872. Bd. 8. S. 216—303.
Frank A. B. Ueber Hypochlorin und seine Entstehnungsbedingungen // Sitzungsber. Dt. bot. Vereins Provinz Brandenburg. 1883. 24. Bebr. S. 11—16. (Ref.: Unl. Bot. Cbl. 1882. Bd. 10. S. 228).
Fremy E. Recherches sur la matiére colorante verte des feuilles // C. r. Acad. sci. 1860. T. 50. P. 405—412.
Fremy E. Recherches chimiques sur la matiere verte des feuilles // Ibid. 1877. T. 84. P. 983—988.
Freyberg E. Ueber die Athmungsgrösse bei Sumpf- und Wasserpflanzen (1878) // Landw. Versuchs-Stat. 1879. Bd. 23. S. 463—470.
Fries Th. M. Ueber Lichtphänomen bei Pflanzen // Flora. 1859. Bd. 12. S. 177—186.
Frommann C. F. Beobachtungen über Structur und Bewegungserscheinungen des Protoplasma der Pflanzenzellen. Jena: Fischer, 1880. 8 S.
Frühling R., Grouven H. Bestimmungen des gehaltes des Salpetersäure und Stickstoff während der verschiedenen Wachsthumsperioden der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1866. Bd. 8. S. 471—479.
Frühling R., Grouven H. Bestimmungen des gehaltes der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen an Salpetersäure und Stickstoff // Ibid. 1867. Bd. 9. S. 150—157.
Funaro A. Studi relative alla formazione della materia grassa e alla muturazione delle olive // Labori Lab. chim. agraria. 1879. Fasc. 1. P. 1—14. (Ref.: Landw. Versuchs-Stat. 1881. Bd. 25. S. 52—56; Bot. Jahresber. Abt. 1. 1881. Jg. 7. S. 289).
Gardner G. Description of a new phosphorescent species of Agaricus // Hooker J. Bot. 1840. Vol. 2. P. 426—428.
Garreau L. Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aériennes des plantes // Ann. sci. natur. Sér. 3, Bot. 1849. T. 13. P. 321—346.
Garreau L. De la respiration chez les plantes // Ibid. 1851a. T. 15. P. 5—36.
Garreau L. Nouvelles recherches sur la respiration des plantes // Ibid. 1851b. T. 16. P. 271—292.
Garreau L. Recherches sur la distribution des matiéres minérales fixes dans les divers organes des plantes // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1860. T. 13. P. 145—218.
Gasparin B. Ueber die Mineralbestandttheile der Luzerne // J. agriculture par J. A. Barral. 1875. Vol. 2. P. 410.— Idem // Biedermann Cbl. Agriculturchem. 1875. Bd. 8. S. 249—250. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 865).
Gasparin B. Sur la présence du fer dans le blé et sur l'action des Lichens sur les roches // J. agriculture par J. A. Barral., 1876. P. 453—455. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 889—890).
Gautier A. Sur la chlorophylle // C. r. Acad. sci. 1879. T. 89. P. 861—866.
Gayon U. Sur l'altération spontanée des oeufs // Ibid. 1873a. T. 76. P. 232—233.
Gayon U. Sur les altérations spontanes des oeufs // Ibid. 1873b. T. 77. P. 214—217.
Gayon U. Sur l'inversion et sur la fermentation alcoolique du sucre de canne par les moisissures // Ibid. 1878. T. 86. P. 52—54.
Gerichten E. Chemische Zusammensetzung der Pflanze // Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18—19, Bd. 1. S. 129—208.
Gerland E. Ueber die Rolle des Chlorophylls bei der Assimilationsthätigkeit der Pflan-

zen und das Spectrum der Blätter // Ann. Phys. und Chem. 1873. Bd. 148, N 1. S. 99—115.

Gilbert J. H., Laws J. B., Pugh E. On the sources of nitrogen of vegetation with special reference to the question whether plants assimilate free or uncombined nitrogen // Philos. Trans. Roy. Soc. London. 1861. Vol. 151, pt 2. P. 431—577.

Gödechens // Wolff. Chem. Forschungen. 1847. S. 350. (*Wolff*. 1871. T. I. S. 130).

Godeffroy R. Studien über die microskopischen Reactionserscheinungen der China-Alkaloide // Ztschr. allgem. Oesterr. Apotheker Vereins. 1871. Jg. 16. S. 1, 21, 37, 58, 69, 86, 101, 118, 134, 152, 167, 186, 203. (Ref.: Bot. Jahresber. Abt. 1. 1880. Jg. 6. S. 235).

Godeffroy R. Zur Unterscheidung der Chinaalkoloide // Arch. Pharm. 1877. Bd. 211. S. 515. (Reg.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 599).

Godlewski E. Abhängigkeit der Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern von dem Kohlensäuregehalt der Luft // Flora. 1873. Bd. 56. S. 378—383.

Godlewski E. Abhängigkeit der Sauerstoffausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1874. Bd. 1. S. 342—370.

Godlewski E. Ist das Assimilationsprodukt der Musaceen Oel oder Stärke? // Flora. 1877. Bd. 60. S. 215—220.

Godlewski E. Zur Kenntniss der Ursachen der Formänderung etiolirten Pflanzen // Bot. Ztg. 1879. Jg. 37, N 6. S. 81—92.

Goebel K. Ueber nicht assimilirende Chlorophyllkörper von C. Dehnecke (Köln, 1880) // Ibid. 1880. Jg. 38, N 46. S. 795—798.

Göppert H. R. Ueber die Wärmeentwickelung in den Pflanzen. Breslau: Max, 1830. 27 S.

Göppert H. R. Über die Wärme-entwickelung in den lebenden Pflanze. Wien: Gerold,. 1832. Bd. 8. 26 S.

Gorup-Besanez E. F. C. Brenzkatechin in dem Beerensafte von Ampelopsis hederacea // Büchn. Repert. Pharm. 1825/1826. Bd. 21/23. S. 180. (Ref.: Bot. Jahresber. Abt. 2. 1875. Jg. 2. S. 853—854).

Gorup-Besanez E. F. C. Vermischte Beobachtungen aus dem Universitätslaboratorium zu Erlangen // Ann. Chem. und Pharm. 1861. Bd. 118. S. 220—227.

Gorup-Besanez E. F. C. Ueber das Verhalten der vegetirenden Pflanze und der Ackererde gegen Metallgifte // Ibid. 1863. Bd. 127. S. 243—256.

Gorup-Besanez E. F. C. Brenzkatechin in dem Beerensafte von Ampelopsis hederacea // Sitzungsber. Phys. med. Soc. Erlangen. 1873. Bd. 5. S. 39—40.

Gorup-Besanez E. F. C. Leucin neben Asparagin in dem frischen Safte der Wickenkeime // Ber. Dt. chem. Ges. 1874. Bd. 7. S. 146—147, 569—670.

Gorup-Besanez E. F. C. Leucin neben Asparagin im Keimsafte der Wickensamen und über ein in derselben auftretendes Ferment // Bot. Jahresber. 1875a. Jg. 2. S. 833—834.

Gorup-Besanez E. F. Weitere Beobachtungen über diastatische und peptonbildende Fermente im Pflanzenreiche // Ber. Dt. chem. Ges. 1875b. Bd. 8. S. 1510—1514.

Gorup-Besanez E. F. C. Weitere Beobachtungen über die peptonbildenden Fermente im Pflanzenreiche // Naturforscher. 1876. Jg. 9, N 33. S. 326—327.

Gorup-Bsanez E. F. C. Glutaminsäure aus dem Safte der Wickenkeimlinge // Ber. Dt. chem. Ges. 1877. Bd. 10. S. 780—782.

Gorup-Besanez E. F. C., Will H. Fortgesetzte Beobachtungen über peptonbildende Fermente im Pflanzenreiche // Ibid. 1876. Bd. 9. S. 673—678. (Ref.: Naturforscher. 1876. S. 326).

Grandeau L. Sur la presence du rubidium dans certaines matieres alcalines de la nature et de l'industriae // C. r. Acad. sci. 1862. T. 54. P. 1057—1059.

Grandeau L. N. Traité d'analyse des matières agricoles. 2ᵉ ed. P.: Berger-Levrault, 1883. 834 p.

Grandeau, Fliche // Ann. Station agron. Est. 1878. P. 68–96. (*Wolff*. 1880. Bd. II. S. 84).

Grischow C. C. Ueber Respiration der Pflanzenblätter // J. prakt. Chem. 1845. Bd. 34. S. 163—172.

Guettard M. Memoire sur la transpiration insensible de plantes // Mém. Acad. sci. Paris, 1752. P. 569—592.

Guettard M. Second memoire sur la transpiration insensible des plantes // Ibid. 1753. P. 265—317.

Günning J. M. // Dingler's Polytechn. J. 1870. Vol. 196. P. 170. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1874. Jg. 13, Bd. 2. S. 231).
Günning J. W. Maandblatt vor Naturvetenskapen, 1873 // Jahresber. Agr. Chem. 1876. Jg. 16/17, Bd. 2. S. 205.
Günning J. W. // Tageblatt d. Naturforscherversammlung in Cassel, S. 141. (Jahresber. Agr. Chem. 1880. Jg. 21. S. 577—578).
Gutzeit H. Ueber das Vorkommen des Aethyl-alkohols resp. seiner Aether im Pflanzenzeiche // Ann. Chem. und Pharm. 1875. Bd. 177. S. 344—384.
Haberlandt F. Ueber die Transpiration der Gewächse, insbesondere jene der Getreidearten // Landw. Jahrb. 1876. Bd. 5. S. 63—86.
Haberlandt G. Untersuchungen über die Winterfärbung ausdauernder Blätter // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Abt. 1. 1876. Bd. 73. S. 267—296.
Haberlandt G. Ueber die Entstehung der Chlorophyllkörner in den Keimblättern von Phaseolus vulgaris // Bot. Ztg. 1877. Jg. 35. S. 377—382.
Haeckel E. Generalle Morphologie der Organismen. B.: Reimer, 1866. Bd. 1. 574 S.; Bd. 2. 462 S.
Haeckel E. Biologische Studien. Leipzig: Engelmann, 1870. H. 1. Studien über Moneren. 184 S.
Hales St. Statique des vegetaux. P.: Debure, 1735. 408 p.
Hampe W. Über Harnstoff und Harnsäure als stickstoffhaltige Pflanzennahrungsmittel // Landw. Versuchs-Stat. 1866. Bd. 8. S. 225—235.
Hampe W. Über die Assimilation von Harnstoff und Ammoniak durch die Pflanzen // Ibid. 1867. Bd. 9. S. 49—70, 157—167.
Hampe W. Vegetations-Versuche mit Ammoniaksalzen, Harnsäure, Hippursäure und Glycocoll als stickstoffhaltigen Nahrungsmitteln der Pflanzen // Ibid. 1868. Bd. 10. S. 175—187.
Handt O. Solaningehalt der Kartofeln // Jahresber. Agr. Chem. 1867. Jg. 8. S. 121.
Hansen A. Geschichte der Assimilation und Chlorophyllfunction // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1882. Bd. 2, H. 4. S. 537—626.
Hansen E. Ch. Recherches sur les organismes, qui à differentes epoque de l'année se trouvent dans l'air // Medd. Carlsberg Lab. 1879. H. 2. S. 49—75.
Hansen E. Ch. Die physiologie und Morphologie alkoholischer Fermente // Ztschr. f. d. g. Braunwesen. 1881. Bd. 4. S. 449. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1882. Jg. 24. S. 501).
Hansen Chr. Rodfarvede gjaersvampe og gjaersvampelignende deler // Medd. Carlsberg. Lab. 1882. H. 1. S. 253—264. Resume: s. 88—93.
Hanstein J. Versuche über die Leitung des Saftes durch die Rinde und Folgerungen daraus // Jahrb. wiss. Bot. 1860. Bd. 2. S. 392—467.
Hanstein J. Ueber die Organe der Harz- und Schleim-Absonderung in den Laubknospen // Bot. Ztg. 1868. Jg. 26, N 43/46. S. 697—713.
Harms E. // Ann. Chem. und Pharm. Bd. 94. S. 247. Henneberg J. Landw. 1857. S. 38. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 133).
Harms E. // Henneberg J. Landw. 1859. S. 246. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 134).
Harst L. J. van der. Een diastatisch en pepton-vormend ferment in de zaden van Phaseolus vulgaris L. // Moonblad voor naturwetensch. 1876. 20 sept. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 867).
Hartig T. Ueber die endosmothischen Eigenschaften der Pflanzenhäute // Bot. Ztg. 1853. Jg. 11. S. 309—317, 481—485.
Hartig T. Weitere Mittheilungen, das Klebermehe (Aleuron) betreffend // Ibid. 1885. Jg. 13, N 50. S. 881—889.— Idem // Ibid. 1856. Jg. 14, N 15/19. S. 257—344.
Hartig T. Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig: Förstner, 1858. 164 S.
Hartig T. // Allgem. Forst. und Jagdzeitung v. Heyer. 1860. S. 257. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1862. Jg. 3. S. 155).
Hartig T. Ueber die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen // Bot. Ztg. 1861. Jg. 19, N 3. S. 17—24.
Hartig T. Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. B.: Springer, 1878. 412 S.
Hartig T. // Ueber Verdunstung allgem. Forst. und Jagdzeitung. 1878. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1880. Jg. 22. S. 231—233).
Harz C. O. Ueber die Entstehung des fetten Oeles in den Oliven // Ann. prakt. Pharm. Bd. 19. S. 161.— Idem // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 1870. Bd. 61. S. 930—948.

Hauseneck // Ztschr. allgem. Oesterr. Apothekervereins. 1879. S. 166. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 360).
Hayduck M. De l'influence de quelques acides sur fermentation et le développment des cellules // Ztschr. Spiritusindustrie. N. F. 1881. Bd. 4. S. 341. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1883. Jg. 24. S. 505).
Hegelmeier Ch. F. Ueber Bau und Entwicklung einiger Cuticulargebilde // Pringsh. Jahrb. wiss. Bot. 1873. Bd. 9. S. 286—307.
Heintz A. Atmung der Rübenwürzeln // Ztschr. Vereins Rübenindustr. 1874. Bd. 23. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 358—360).
Hellriegel H. Beitrag zur Keimungsgeschichte der ölgebenden Samen // J. prakt. Chem. 1855. Bd. 64. S. 94—107.
Hellriegel H. Versuche über Pflanzenwachsthum aus dem Laboratorie der Versuch-Station Dahme // Ann. Landw. K. Preuss. Staaten. 1861. Bd. 38. S. 296—361.
Hellriegel H. (*Marcker M.* und *Kreusler.* 1868).
Henry E. // Ann. Station agron. Est. 1878. P. 117–144. (*Wolff*, 1880. Bd. II. S. 81–83).
Hermann C. Grundriss der Physiologie des Menschen. 3. Aufl. B.: Hirschwuld, 1870. 502 S.
Hermann C. // Ann. Oenol. 1878. Bd. 7. S. 128. (*Schulze A.* 1878. S. 128).
Herpath. // Jahresber. Agr. Chem. 1862. Jg. 3. S. 75.
Heyden E., Gruber W., Fritsche H. Bericht über die Versuchs-Station Pommritz. 1868—1869. 68 S. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 16).
Hilger A. Landwirtschaftliche Nebengewerbe // Jahresber. Agr. Chem. 1876. Jg. 16/17, Bd. 2. S. 203—299.
Hilger A. Die Chemie der Pflanze // Ibid. 1877. Jg. 16/17, Bd. 1. S. 217—349.
Hoffmann H. Culturversuche // Bot. Ztg. 1875. Jg. 33, N 37/38. S. 601—605, 617—628.
Hoffmann R. Mittheilungen aus dem Laboratorium der K. K. jatr. Ökon. Gesellschaft in Böhmen // Landw. Versuchs-Stat. 1862. Bd. 4. S. 203—212.
Hofmeister W. Über das Steigen des Saftes der Pflanzen // Flora. 1858. Bd. 41, N 1. S. 1—12.
Hormeister W. Ueber Spannung, Ausflussmenge und Ausflussgeschwindigkeit von Säften lebender Pflanzen // Ibid. 1862. Bd. 45, N 7/11. S. 97—108.
Hofmeister W. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig: Engelmann, 1867. 404 S.
Hofmeister W. // Cbl. Agr. Chem. 1879. S. 915. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 112).
Höhnel Fr. Ueber den negativen Druck der Gefässluft: Inaug. Diss. Wien, 1876. 32 S.
Höhnel Fr. Ueber den Kork und verkorkte Gewede überhaupt. II. Histochemische Untersuchung über Xylophilin und Coniferin // Bot. Ztg. 1877. Jg. 35 N 49. S. 783—786.
Höhnel Fr. Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt // Sitzber. Akad. wiss. Math.-Nat. Cl. Abt. 1. Wibn. 1878a. Bd. 76. S. 507–662.
Höhnel Fr. Histochemische Untersuchung über das Xylophilin und das Coniferin // Ibid. 1878b. Bd. 76. S. 663—716.
Höhnel Fr. Ueber den Gang des Wassergehaltes und der Transpiration bei der Entwicklung des Blattes // Forschungen auf dem Gebiete der Agricultur-Physik/Hrsg. E. Wollny. Heidelberg, 1878c. Bd. 1. S. 299—327.
Höhnel Fr. Einige anatomische Bemerkungen über das räumliche Verhältniss der Intercellularräume zu den Gerässen // Bot. Ztg. 1879. Jg. 37, N 34. S. 541—552.
Höhnel Fr. Beiträge zur Kenntniss der Luft- und Saftbewegung in der Pflanze // Jahrb. wiss. Bot. 1879/1881. Bd. 12. S. 47—131.
Höhnel Fr. Ueber die Transpirationsgrossen der forstlichen Holzwächse mit Beziehung auf die forstlich meteorologischen verhältnisse // Meteorol. Ztschr. 1879. Bd. 14. S. 286—291.
Höhnel Fr. Beiträge zur Pflanzenanatomie und Physiologie // Bot. Ztg. 1882. Jg. 40, N 9/11. S. 145—152, 161—167, 175—182.
Holle G. Ueber Proteinkörner im Samen der Cyperaceae // Verhandl. Natur. Med. Ver. Heidelberg. 1857—1859. S. 236—237.
Holle H. Ueber die Assimilationsthätigkeit von Strelitzia reginae // Flora. 1877. Bd. 60. S. 113—120, 154—168, 184—192.
Holzner G. Ueber die Krystalle in den Pflanzenzellen // Ibid. 1864. Bd. 47, N 18. S. 273—283.
Hooker I. D. Address to the Departments of Botany and Zoology of the Brit. Assoc.

at Belfast, Aug., 1874: The carnivorous habits of plants // Report of the 44th Meeting of the British Association for the Advancement of Science. L., 1874. P. 102—116.

Hoppe-Seyler F. Anleitung zur pathologisch-chemischen Analyse. B.: Hirschwald, 1858. 404 S.

Hoppe-Seyler F. Ueber die Processe der Gährungen und ihre Beziehung zum Leben der Organismen. I // Pflügers Arch. Ges. Physiol. Menschen und Tiere. 1876. Bd. 12. S. 1—17.

Hoppe-Seyler F. Physiologische Chemie. B.: Hirschwald, 1877. Bd. 1—4. 1036 S.

Hoppe-Seyler F. Ueber Gährungsprocesse // Ztschr. physiol. Chem. 1878/1879a. Bd. 2. S. 351—361.

Hoppe-Seyler F. Ueber Lecithin und Nuclein in der Bierhefe // Ibid. 1878/1879b. Bd. 2. S. 427—429.

Hoppe-Seyler F. Ueber das Chlorophyll der Pflanzen // Ibid. 1880. Bd. 4. S. 193—203.

Hoppe-Seyler F. Ueber das Chlorophyll der Pflanzen // Ibid. 1881. Bd. 5. S. 75—78.

Hosaeus A. Über die Gehalt der Pflanzen on Ammoniak und Salpetersäure während der Vegetationsperiode // Ztschr. dt. Landwirthe. 1865. Jg. 16. S. 97—108.

Hosaeus A. Ueber den Ammoniak- und Salpetersäure-Gehalt der Getreidekörner // Ann. dt. Landwirthe. 1867. Bd. 50. S. 135—143.

Hosaeus A. Die Wasserverdunstung einiger Kulturpflanzen // Ibid. 1869. Bd. 53. S. 259—271. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1869. Jg. 10. S. 271).

Howard J. E. Microscopical researches on the alcaloids, as existing in cinchona bark // Pharm. J. 1865. Vol. 6. P. 584—588.

Hubert J. Sur la chaleur naturelle des fleurs d'une espese Arum indigene à l'île de la Reunion // Mém. Soc. Sav. 1801. Vol. 1. P. 346—349. (Saussure Th. 1822. S. 285; Sachs J. 1865. S. 296).

Husemann A., Husemann Th. Die Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer, phar makologischer und toxikologischer Hinsicht. B.: Springer, 1870. 1178 S.

Huxley Th. H. Les sciences naturelles et les problèmes qu'elles font surgir. P.: Bailliére. 1877. 501 p.

Huxley Th. H. La place de l'homme dans la nature. P.: Librairie: Bailliére, 1891. 360 p.

Ingenhousz I. Experiments upon vegetable. L., 1779. 190 p.

Ingenhousz I. Versuche mit Pflanzen. Leipzig: Weggand, 1780. 176 S.

Ingenhousz I. Ueber Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit der Bodens. Leipzig: Schäfer, 1798. 190 S.

Isidore-Pierre J. Etude sur le Colza // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1860. T. 60. P. 129—197.

Isidore-Pierre J. Recherches sur le développement du blé // C. r. Acad. sci. 1864. T. 59, N 14. P. 722—725.

Isidore-Pierre J. Ueber die Wanderung des Kaliums in der Weizenpflanze // Ann. agron. 1876. Bd. 2. S. 59—72.— Idem // Bied. Cbl. Agriculturchem. 1876. Bd. 10. S. 266—268. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 893).

Jackson Ch. T. Report of the comissioners of patents for 1858 // Agriculture. Wash. (D. C.). P. 290—307. (*Wolff*. 1880. Bd. II. S. 54).

Jackson Ch. T. Report of the comissioners of patents for 1857 // Agriculture. Wash. (D. C.), 1858. P. 296—304. (*Wolff*. 1880. Bd. II. S. 93).

Jamin J. Cours de physique de l'Ecole Polytechnique. P.: Mallet-Bachelier, 1859—1863. T. 1. 536 p.; T. 2. 532 p.; T. 3. 336 p.

Jenkins. Report of work of the agricultural experiment station. Middletown (Conn.), 1877—1878. 16 p. (*Wolff*. 1880. Bd. II. S. 108).

Jodin F. V. Du rôle physiologique de l'azote, faisant suite à un précédent travail présenté à l'Académie la séance du 28 avril 1862 // C. r. Acad. sci. 1862. T. 55. P. 612—615.

Johnson S. W. Über die Assimilation complexer stickstoffhaltiger Körper durch die Vegetation // Landw. Versuchs-Stat. 1866. Bd. 8. S. 235—238.

Just J. L. Ueber die Moglichkeit, die unter gewöhnlichen Verhältnissen durch grüne beleuchtete Pflanzen verarbeitete Kohlensäure durch Kohlenoxydgas zu ersetzen // Wollny Forsch. Gebiet Agr. Chem. 1882. Bd. 5. S. 60—79.

Kallen F. Verhalten des Protoplasma in den Geweben von Urtica urens // Flora. 1882. Bd. 65. S. 65—80, 81—92, 97—105.

Karmrodt C. // Peters. Jahresber. 1864. S. 98. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 126).
Karsten H. Die Einwerkung des Lichts auf das Wachsthum der Pflanzen, beobachtet bei Keimung der Schminkbohnen // Landw. Versuchs-Stat. 1870. Bd. 13. S. 176–195.
Kellner O. Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum // Ibid. 1874. Bd. 17. S. 408–424.
Kellner O. Цит. по: *Sachsse R.* Phytochemische Untersuchungen. Leipzig, 1880. Bd. 1. S. 53–68.
Klein J. Algologische Mittheilungen / Flora. 1877a. Bd. 60, N 19. S. 289–297.
Klein J. Algologische Mittheilungen. 4. Ueber oxalsauren Kalk und globoidartige Körper bei Algen // Ibid. 1877b. Jg. 60, N 20. S. 315–319.
Klein J. Krystalloide der Algen // Anz. Ungar. Akad. Wiss. 1879. Bd. 13, N 4. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 11–13).
Klein J. Neuere Daten über die Krystalloide der Meeresalgen (1879) // Flora. 1880. Bd. 63, N 5. S. 65–71.
Knieriem W., Mayer A. Ueber die Ursache der Essiggährung // Landw. Versuchs-Stat. 1873. Bd. 16. S. 305–329.
Knight T A. A selection from the physiological and horticultural papers. L.: Longman etc., 1841. 379 p.
Knop A., Knop W. Über die Gerbsäuren und eine Klasse neuer Stickstoffhaltiger Abkömlinge der Gerbsäurereihe // J. prakt. Chem. 1852a. Bd. 56. S. 327–334.
Knop A., Knop W. Über das Verhalten der nitriten Zuckerverbindungen zu reducierenden Mitteln // Ibid. 1852b. Bd. 61. S. 334–339.
Knop W. Über eine neue Platinverbindung // Ibid. 1842. Bd. 2. S. 328–330.
Knop W. Untersuchungen über die Aufnahme von Mineralstoffen durch die Pflanzen // Chem. Cbl. 1858. Bd. 3. S. 881–884.
Knop W. Agricultur-chemische Versuche ausgeführt auf der Versuchsstation zu Wöckern // Landw. Versuchs-Stat. 1859a. Bd. 1. S. 3–21.
Knop W. Ueber einige Beziehungen zwischen Luft und Pflanze // Ibid. 1859b. Bd. 1. S. 147–162.
Knop W. Ein Vegetationsversuch // Ibid. 1859c. Bd. 1. S. 181–202.
Knop W. Über die Ernährung der Pflanzen durch wässrige Lösungen bei Ausschlus des Bodens // Ibid. 1860. Bd. 2. S. 65–99, 270–293.
Knop W. Quantitativ-analytische Arbeiten über den Ernährungsprocesses der Pflanzen. I // Ibid. 1861. Bd. 3. S. 295–324.
Knop W. Quantitativ-analytische Arbeiten über den Ernährungsprocesses der Pflanzen. II // Ibid. 1862a. Bd. 4. S. 173–187.
Knop W. Über Vorgänge beim Keimen der Pflanzen unter normalen und abnormen Umständen // Ibid. 1862b. Bd. 4. S. 137–146.
Knop W. Untersuchungen über die Aufnahme der Mineralsalze durch das Pflanzengewebe // Ibid. 1864a. Bd. 6. S. 81–107.
Knop W. Einige Bestimmungen der Quantitäten Wasser, welche die Pflanzen durch die Blätter Verdunsten // Ibid. 1864b. Bd. 6. S. 239–260.
Knop W. Quantitativ Untersuchungen über Ernährungsprocess der Pflanze // Ibid. 1865a. Bd. 7. S. 93–107.
Knop W. Ausfürlichere Analysen einiger Flechten // Ibid. 1865b. Bd. 7. S. 444–446.
Knop W. Der Kreislauf des Stoffes: Lehrbuch der Agriculturchemie. Leipzig: Haessel, 1867. 1247 S.
Knop W., Dworžak H. Chemisch-physiologische Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze // Ber. Verhandl. Sächsischen Ges. Wiss. Leipzig. Math.-phys. Cl. 1875. Bd. 27, N 1. S. 27–80. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 887–888).
Knop W., Ritter F. // Chem. Pharm. Cbl. 1858. S. 882. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 105).
Kohlrausch O. Dissertation. Göttingen, 1867. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 134).
Kolderup Rosenvinge L. Sphärocrystaller hos Mesembryanthemum // Windeskab. Medd. Naturhist. Foren in Kjobenhavn. (Ref.: Bot. Jahresber. 1880. Jg. 6. S. 19–20).
König J. Chemie der landwirtschaftlichen Nebengewebe // Jahresber. Agr. Chem. 1874a. Jg. 13, Bd. 2. S. 205–383.
König J. Die Constitution der Pflanzenfette // Landws. Versuchs-Stat. 1874b. Bd. 17. S. 1–16.
Kosmann C. Ph. Recherches chimiques sur les ferments contenus dans les végétaux et

sur les effets produits par l'oxydation du fer sur les matières organiques // Bull. Soc. chim. France. 1877. T. 27. P. 251–256. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 714).

Kossel A. K. L. M. L. Ueber das Nuclein der Hefe // Ztschr. physiol. Chem. 1880. Bd. 3. S. 284–291.

Krabbe G. Entwickelung, Sprossung und Theilung einiger Flechtenapothecien // Bot. Ztg. 1882. Jg. 40, N 6/7. S. 89–144.

Krauch C. Beiträge zur Kenntniss der ungeformten Fermente im Pflanzenreich (1878) // Landw. Versuchs-Stat. 1879. Bd. 23. S. 77–104.

Kraus C. Studien über Herbstfarbung der Blätter und über Bildungsweise der Pflanzen-Säuren // Buchner Neues Rep. Pharm. Bd. 22. S. 273. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 328–332).

Kraus C. Pflanzenphysiologische Untersuchungen // Flora. 1875. Bd. 58. S. 346–350.

Kraus C. Ueber künstliche Chlorophyllerzeugung in lebenden Pflanzen bei Lichtabschluss // Landw. Versuchs-Stat. 1877. Bd. 20. S. 415–421.

Kraus C. Untersuchungen über den Säftedruck der Pflanzen // Flora. 1881. Bd. 69, N 2. S. 17–23.

Kraus G. Ueber die Ursachen der Formänderugen etiolender Pflanzen // Jahrb. wiss. Bot. 1870a. Bd. 7. S. 209–260.

Kraus G. Einige Beobachtungen über den Einfluss des Lichts und der Wärme auf die Stärkeerzeugung im Chlorophyll // Ibid. 1870b. Bd. 7. S. 511–531.

Kraus G. Ueber die winterliche Färbung immergrüner Gewäche // Bot. Ztg. 1872a. Jg. 30, N 6. S. 109–112.

Kraus G. Zur Kenntniss der Chlorophyllfarbstoffe und ihrer Verwandten. Stuttgart: Scheizerbart, 1872b. 132 S.

Kraus G. Ueber die Winterliche Färbung immergrüner Gewächse // Bot. Ztg. 1872c. Jg. 30, N 8. S. 127–128.

Kraus G. Winterliche Färbung // Ibid. 1874. Jg. 32, N 26. S. 406–408.

Kraus G. Ueber das Verhalten des Zuckersaftes der Zellen gegen Alkohol und Glycerin und die Verbreitung des Zuckers // Ibid. 1876. Jg. 34, N 38. S. 604–608.

Kraus G. Das Inulin-Vorkommen ausserhalb der Composition // Ibid. 1877. Jg. 35. S. 329–337.

Krebs G. Die Erhaltung der Energie als Grundlage der neueren Physik. München: Oldenbourg, 1877. 212 S.

Kreusler U. Beobachtungen über das Wachsthum der Maispflanze // Landw. Jahrb. 1878a. Bd. 7. S. 536–563.

Kreusler U. Eine Methode für fortlaufende Messungen des Tageslichts und über deren Anwendbarkeit bei pflanzenphysiologischen Untersuchungen // Ibid. 1978b. Bd. 7. S. 565–590.

Krutizky P. Beschreibung einer zur Bestimmung der von den Pflanzen aufgenommenen und verdunsteten Wassermenge dienenden Apparates // Bot. Ztg. 1878. Jg. 36, N 11. S. 161–163.

Krutzsch H. Die Pflanze und die Wärme // Chem. Ackermann. 1858. Jg. 4. S. 147–161.

Krutzsch H. // Ibid. 1863. Jg. 22. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 125).

Kühn G. Notiz über das Ammoniak als pflanzlichen Nährstoff // Landw. Versuchs-Stat. 1867. Bd. 9. S. 167–168.

Kühnemann G. Ueber das Vorkommen von krystallisirendem Zucker in den gekeimten Cerealien und den Keimungsprocess // Ber. Dt. chem. Ges. 1875. Jg. 8. S. 202–206.

Kundt A. Ueber einige Beziehungen zwischen der Dispersion und Absorption des Lichtes // Ann. Phys. und Chem. 1874. Jubelband. S. 615–624.

Kützing F. T. Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. Nordhausen: Köhne, 1844. 152 S.

Lanessan I. Sur l'absorption de l'eau par les feuilles // Bull. Soc. Linéenne. 1874. (Ref.: Bot. Ztg. 1875. Jg. 33, N 48. S. 783).

Langrebe. Ueber das Licht. 1834. 350 S. Цит. по: Mohl H., 1850.

Laskovsky N. Ueber einige chemische Vorgänge bei der Keimung der Kürbissamen // Landw. Versuchs-Stat. 1874. Bd. 17. S. 219–244.

Laskovsky N., Sabanin A. Ueber der Verlauf der Athmung bei den reifenden Früchten des Mohnes und des Rapses // Ibid. 1878. Bd. 21. S. 195–199.

Lawes J. B. Experimental investigation into the amount of water given by plant during their growth. (*Haberlandt F.* 1876. 70).
Leclerc A. Dosage du manganèse dans les sols et dans les végétaux // C. r. Acad. sci. 1872. T. 75. P. 1209—1214.
Leclerc A. Sur la germination de l'orge Chevallier // Ibid. 1875. T. 80. P. 26—29.
Leclerc A. // J. agr. prat. 1877. P. 777. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 18; Cbl. agric. Chem. 1878. S. 288).
Lefort J. Atropingehalt der Blätter von Atropa Bellodonna. I. Memoire sur la repartition de l'atropine dans la feuille et rocine de la Belladone // J. agr. pharm. 1872. T. 15. P. 265—270, 337—341, 417—422. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 491).
Leitgeb H. Ueber die Luftwurzeln der Orchideen // Denkschr. K. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Abt. 2. 1865. Bd. 24. S. 179—222.
Leydhecker A. Ueber die physiologische Bedeutung des Chlor in der Buchweizenpflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1866. Bd. 8. S. 177—187.
Liebig J. E. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 8. Aufl. Braunschweig: Viewig, 1865. Bd. 1—2. 504 S.
Liebig J. E. // J. prakt. Chem. 1870. Bd. 1. S. 44. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 109).
Linne K. Classes plantarum seu sistemata plantarum. Lugduni Batavorum, 1738. 656 p.
Lister A. The cause of putrefaction and lactic fermentation // Pharm. J. and Trans. 1877. P. 285—286. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 223).
Livache A. Recherches sur la nature des gaz contenus dans les tissue des fruits // Ann. chim. 1877. T. 12. P. 429—432.
Loew E. Zur Entwickelungsgeschichte von Penicillium // Jahrb. wiss. Bot. 1870. Bd. 7. S. 472—510.
Loew O., Bokorny Th. Die Chemische Craftquelle in lebenden Protoplasma. München: Finsterlin, 1882. 100 S.
Lory Ch. Sur la respiration et la structure des Orobanches et autres plantes vasculaires dépourvues de matières Vertes // Ann. sci. natur. Sér. 3. 1847. T. 8. P. 158—171.
Lösecke A. Blausäure in den Pilzen // Chem. Cbl. 3. F. 1871. Jg. 2. S. 520.
Luca S. Recherches chimiques sur les éléments minéraux contunes dans quelques plantes épiphytes du Jardin des Plantes et du Jardin du Luxembourg // C. r. Acad. sci. 1861a. T. 53. P. 244—246.
Luca S. Recherches sur la formation de la matière grasse dans les olives // Ibid. 1861b. T. 53. P. 380—384.
Luca S. Recherches chimiques tendant à démontrer la production de l'alcool dans les feuilles, les fleurs et les fruits de certaines plantes // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1878. T. 6. P. 286—302.
Lucanus B. Versuche über die Erzeugung einiger Landpflanzen in Wärriger lösung // Landw. Versuchs-Stat. 1865. Bd. 7. S. 363—371.
Luck E. Ueber die Fähigkeit von Viscum Album, Kohlensäure zu zersetzen // Ann. Chem. und Pharm. 1851. Bd. 78. S. 85—87.
Ludwig Fr. Ueber die Phosphorescenz der Pilze und des Holzes: Inaugular Diss. Hildburghausen, 1874. 30 S.
Mach E. Reifestudien bei Trauben und Früchten // Ann. Oenol. 1877. Bd. 6. S. 409—432. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 716—717).
Mac-Nab W. R. Experiments on the transpiration of waterly fluid by leaves // Trans. Bot. Soc. Edinburgh. 1873. Vol. 11. P. 45—65.
Mac-Nab W. R. Experiments on the movement of water in plants (1874) // Trans. Roy. Irish Acad. 1875. Vol. 25. P. 343—369.
Madinier // Landw. Cbl. 1861. S. 130. (*Wolff*, I, 1871, 111).
Malaguti F. J., Durocher J. Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du régne végétal // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1858a. T. 54. P. 257—297. z
Malaguti F. J., Durocher J. Recherches sur la répartition des éléments inorganiques dans les principales familles du règne végétal // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1858b. T. 9. P. 257—297.
Malpighi M. Anatomia plantarum. T. VI—L. Londini, 1675—1679.
Malpighi M. Opera omnia. Leiden, 1867. T. 1. 170 p.

Maquenne L. Recherches sur la determination des pouvoirs absorbants et diffusifs des feulles // Ann. agron. 1880a. T. 6. P. 321–390.
Maquenne L. Recherches sur la diffusion, l'absorption et l'émission de la chaleur par les feuilles // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1880b. T. 10. P. 333–346.
Märcker M. Ueber den Einfluss einiger Säuren auf die Entwicklung und Gährhätigkeit der Hefe // Ztschr. Brauwesen. Bd. 4. S. 459. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1882. Jg. 24. S. 507).
Märcker M., Kreusler U. Verhandlungen der IV. Wanderversammlung Deutscher Agriculturchemiker, Physiologen und Vorstände der *Versuchs-Stationen* // Landw. Versuchs-Stat. 1868. Bd. 10. S. 81–100.
Marie-Davy H. Evaporation du sol et des plantes // J. agr. prat. 1869. T. 33. P. 234–239. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1869. Jg. 10. S. 276).
Martinet J. B. Organes de sécrétion des végétaux // Ann. sci. natur. Sér. 4, Bot. 1872. T. 14. P. 91–232.
Masure F. C. S. Recherches sur l'evaporation de l'eau libre, de l'eau contenue dans les terres arables, et sur la transpiration des plantes // Ann. agron. 1880. T. 6. P. 441–500. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1880. Jg. 21. S. 262).
Mayer R. Untersuchungen über die alkoholische Gährung. Heidelberg: Winter, 1869a. 81 S.
Mayer A. Über den Bedarf des Hefepilzes «Saccharomyces cerevisiae» an Aschenbestandtheilen // Landw. Versuchs-Stat. 1869b. Bd. 11. S. 443–461.
Mayer A. Lehrbuch der Agrikulturchemie. Heidelberg: Winter, 1871a. 336 S.
Mayer A. Untersuchungen über die alkoholische Gährung und die Ernährung des Bierhefepilzes // Landw. Versuchs-Stat. 1871b. Bd. 14. S. 1–76.
Mayer A. Ueber alkoholische Gährung // Ibid. 1871c. Bd. 14. S. 470–475.
Mayer A. Ueber das Verhältniss von Kalk und Kohlensäure in Brunnenwässern // Ibid. 1873. Bd. 16. S. 274–277.
Mayer A. Ueber die Aufnahme von Ammoniak durch oberirdische Pflanzenteile // Ibid. 1874. Bd. 17. S. 329–397.
Mayer A. Ueber den Verlauf der Athmung beim Keimen den Weizen // Ibid. 1875a. Bd. 18. S. 245–279.
Mayer A. Ueber die Bedeutung der organischen Säuren in den Pflanzen // Ibid. 1875b. Bd. 18. S. 410–452.
Mayer A. Ueber die Sauerstoffausscheidung einiger Crassulaceen (1877) // Ibid. 1878. Bd. 21. S. 277–347.
Mayer A. Gärungserscheinungen Fäulniss // Jahresber. Agr. Chem. 1880a. Jg. 21. S. 566–594.
Mayer A. Ueber den Einfluss des Sauerstofzutritts auf die alkoholische Gährung // Landw. Versuchs-Stat. 1880b. Bd. 25. S. 301–325.
Mayer A. E. Die Sauerstoffausscheidung fleischiger Pflanzen. Heidelberg: Winter, 1876a. 32 S.
Mayer A. E. Lehrbuch der Gährungs-Chemie in elf Vorlesungen. 2. Ausg. Heidelberg: Winter, 1876b. 166 S.
Mayer A. E. Lehrbuch der Agrikulturchemie in vierzig Vorlesungen. Heidelberg: Winter, 1876c. Th. 1. 300 S.
Melnikov P. Untersuchungen über das Vorkommen des Kohlensauren Kalkes in Pflanzen: Diss. Bonn, 1877. 58 S.
Mer E. Des effefs de la submersion sur les feulles sériennes // Bull. Soc. bot. France. 1878. T. 23. P. 79–85. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 222).
Mercadante M. Sulla formazione dello zucchero nelle frutte // Gazz. chim. ital. 1875a. T. 5. P. 125–129.
Mercandante M. Sur la formation du sucre dans les fruits // Ibid. 1875b. T. 5. P. 125–129. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 796–797).
Merget A. Sur des phénomènes de thermodiffusion gazeuse, qui se produisent dans les feuilles, et sur les mouvements circulatoires qui en résultent dans l'acte de la respiration chlorophyllienne // C. r. Acad. sci. 1873. T. 77. P. 1468–1472.
Merget A. Sur la reproduction artificielle des phénomènes de thermodiffusion gazeuse des feuilles, par les corps poreux et pulvérulents humides // Ibid. 1874a. T. 78. P. 884–886.

Merget A. Sur les phénomènes de thermodiffusion gazeuse qui se produisent dans les feuilles. Lyon: Pitrat aîné, 1874b. 10 p.
Merget A. Thermodiffusion gazeuse des corps pulverulents humides // C. r. Assoc. fr. pour l'avancement des sci. Congr. Nantes, 1875. P. 354—360.
Merget A. Sur les fonctions des feuilles dans les phénomènes d'échanges gazeux entre les plantes et l'atmosphère: Rôle des stomates // C. r. Acad. sci. 1877. T. 84. P. 376—379.
Merker // Ztschr. Brauwesen. 1881. Bd. 4. S. 459. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 2. S. 507).
Meunier F. Sur la composition des cendres de blé // Ann. agron. 1880. T. 6. P. 252—261.
Meusel E. Nitribildung durch Bacterien // Ber. Dt. chem. Ges. 1875. Bd. 8. S. 1214—1215.
Meyen F. J. F. Neues System der Pflanzen-Physiologie. B.: Haude und Spener. 1838. Bd. 2. 102 S.
Meyer L. Chemische Untersuchung der Thermen zu Landeck in der Graftschaft Glatz // J. prakt. Chem. 1864. Bd. 91. S. 1—15.
Micheli M. Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle // Arch. sci. Bibl. Univ. Genève, 1867. T. 29. P. 5—30.
**Mika K.* Eine botanische Studie. Klausenburg, 1878a.
Mika K. Hesperidin (N 20); Sphaerokrystalle in der Epidermis von Capsella Bursa Pastoris (N 21); Die Sphaerokrystalle (N 22) // Magy. Növenytany Lapok. 1—2. 1878b. (Ref.: Bot. Jahresber. 1880. Jg. 6. S. 20—21).
Mikosch K. Untersuchungen über die Entstehung der Chlorophyll Körner // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Abt. 1. 1879. Bd. 78. S. 265—288.
Mikosch K., Stöhr A. Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes auf die Chlorophyllbildung bei intermittirender Beleuchtung (1880) // Ibid. 1881. Bd. 82. S. 269—278.
Miquel P. De la présence dans l'air du ferment de l'urée // Bull. Soc. chim. France. 1878. T. 29. P. 387—397. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 571).
Miquel P. Sur un nouveau ferment figuré de l'urée // Ibid. 1879. T. 31. P. 391—393.
Mitscherlich // Wolff. Chemische Forschungen. 1847. S. 355. (*Walff.* 1871. Bd. I. S. 134).
Mohl H. Vermischte Schriften botanischen Inhalts. Tübingen: Fues, 1845. 442 S.
Mohl H. Die Vegetabilische Zelle // R. Wagner. Handwörterbuch der Physiologie. 1850. Lfg. 24. S. 161—320.
Mohl H. Welche Ursachen bewirken die Erweiterrung und Verengung der Spaltöffnungen? // Bot. Ztg. 1856. Jg. 14, N 40/41. S. 697—704, 713—721.
Mohl H. Untersuchungen über die Entstehungsweise des Traganthgummi // Ibid. 1857. Jg. 15, N 3. S. 33—48.
Mohl H. Ueber das Kieselskellet lebender Pflanzenzellen // Ibid. 1861. Jg. 19, N 30/33. S. 209—215, 217—221, 225—231, 305—308.
Moissan H. Sur les volumes d'oxygéne absorbé et d'acide carbonique émis dans la respiration végétale // Ann. sci. natur. Ser. 6, Bot. 1878. T. 7. P. 292—339.
Molisch H. Über die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Abt. 1. 1881. Bd. 1. S. 7—28.
Moll J. W. Onderzoek naar den oorsprong van de koolstof der Planten // Arch. Néerl. sci. Exactes et Natur. 1877. T. 12. P. 399—412. (Ref.: Landw. Jahrb. 1877. Bd. 6. S. 327).
Mulder G. J. Versuch einer Allgemeinen physiologischen Chemie. Braunschweig: Vieweg, 1844—1851. Bd. 1—2. 1289 S.
Müller G. Untersuchungen über die Sitz der Alcalodie in der Cinchonarinde // Jahrb. wiss. Bot. 1866/1867. Bd. 5. S. 238—246.
Müller J. Lichenologische Beiträge // Flora. 1874. Bd. 22. S. 348—352.
Müller J., Mittenzwei // Ztschr. Landwirtschaft von E. Stöckhardt. 1860. N 3. (Ref.: J. prakt. Chem. Bd. 70. S. 257; *Wolff*, I, 1871, 78).
Müller N. J. C. Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele, Gummi, und Gummiharze, und die Stellung der Secretionsbehälter im Pflanzenkörper // Jahrb. wiss. Bot. 1867. Bd. 5. S. 387—421.
Müller N. J. C. Untersuchungen über die Diffusion der atmosphärischen Gase in der Pflanze, und die Gasausscheidung unter verschiedenen Beleuchtungs-bedingungen // Ibid. 1870. Bd. 7. S. 145—192.

Müller N. J. C. Die Anatomie und die Mechanik der Spaltöffnung // Ibid. 1872. Bd. 8. S. 75–116.
Müller N. J. C. Über die Einwirkung des Lichtes und strahlenden Wärme auf des Grüne Blatt unserer Waldbäume // Bot. Untersuchungen. 1875. Th. 4. S. 1–425.
Müller N. J. C. Handbuch der Botanik. Bd. 1. Anatomie und Physiologie der Gewächsen. Heidelberg: Winter, 1880a. 648 S.
Müller N. J. C. Handbuch der Botanik. Bd. 2. Allgemeine Morphologie und Entwirthungslehre der Gewächse. Heidelberg: Winter, 1880b. 482 S.
Müller-Thurgau H. Ueber den Ort der Eiveissbildung in der Pflanze. Weinlaube, 1879. 560 S. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 22. S. 198).
Müntz A. Sur la germination des graines oléogineuses // Ann. chim. 1871. T. 22. P. 472–485.
Müntz A. Sur la matiére sucrée contenue dans les champignons // C. r. Acad. sci. 1873. T. 76. P. 649–654.
Müntz A. De la matière sucrée contenue dans les champignons // Ibid. 1874. T. 79. P. 1182–1184.
Müntz A. Recherches sur les fonctions des champignons // Ibid. 1875a. T. 80. P. 178–181.
Müntz A. Sur les ferments chimiques et physiologiques // Ibid. 1875b. T. 80. P. 1250–1253.
Müntz A. Sur la presence de l'alcool dans le sol, dans les eaux, dans l'atmosphere // Ibid. 1881. T. 92. P. 499–502.
Musculus F. Sur le ferment de l'urée // Ibid. 1876. T. 82. P. 333–336.
Mutschler C. Analysen der Asche der Fruchte von Litnospermum officinale und des Holzes Colamus rotang und Bambusa crundacea // Lieb. Ann. 1875. Bd. 176. S. 84–88.
Nägeli K. Polysiphonia // *Schleiden M. J., Nägeli K.* Ztschr. wiss. Bot. 1846. H. 3/4. S. 207–237.
Nägeli K. W. Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich: Schulthess, 1855. H. 1. 120 S.
Nägeli K. W. Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich: Schulthess, 1858. H. 2. 624 S.
Nägeli K. W. Ueber die crystallähnlichen Proteinkörper und ihre Verschiedenheit von Wahren Crystallen // Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. Math.-phys. Cl. München, 1862. Bd. 2. S. 120–154.
Nägeli K. W. Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe // Ann. Chem. uud Pharm. 1874a. Bd. 173. S. 218–227.
Nägeli K. W. Verdrängung der Pflanzenformen durch ihre Mitbewerber // Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. Math.-phys. Cl. München, 1874b. Bd. 4. S. 109–164. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 594–596).
Nägeli K. W. Ueber die Bewegungen kleinster Körperchen // Ibid. 1879a. Bd. 9. S. 389–453.
Nägeli K. W. Theorie der Gärung. München: Oldenbourg, 1879b. 156 S.
Nägeli K. W. Ernährung der niederen Pilze durch Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen (1879) // Ibid. 1880. Bd. 10. S. 277–340.
Nägeli K. W., Cramer C. Pflanzenphysiologische Untersuchungen. Zürich: Schulthess, 1855. H. 3. 33 S.
Nägeli K. W., Loew O. Ueber die chemische Zusammensetzung der Hefe // Sitzungsber. Bayer. Akad. Wiss. Math.-phys. Cl. München, 1878. Bd. 8. S. 161–188, 403–428.
Nencki M., Schaffer Fr. Ueber die chemische Zusammensetzung der Fäulnisbacterien // J. prakt. Chem. 1879. Bd. 20. S. 443–466.
Neubauer C. Chemische Untersuchungen über das Reisen der Weintrauben // Landw. Versuchs-Stat. 1869. Bd. 11. S. 416–442.
Neubauer C. Untersuchung des im Frühjahr aus der Rebe ausfliessenden Saftes (Rebthränen) // Ann. Oenol. 1874a. Bd. 4. S. 499, 155. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 2. S. 854–855).
Neubauer C. Chemische Untersuchungen über das Reiten der Trauben // Ibid. 1874b. Bd. 4. S. 490. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 318).
Neubauer C. Chemische Untersuchungen über das Reiten der Trauben // Ibid. 1875. Bd. 5. S. 343. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 318).
Niggl M. Das Indol ein Reagens auf verholzte Membranen // Flora. 1881. Bd. 64. S. 545–559, 561–566.

Nobbe F. Die Kartoffel als Wasserpflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 57–61.
Nobbe F. Die Züchtung der Landpflanzen im Wasser betreffend // Ibid. 1865a. Bd. 7. S. 68–73.
Nobbe F. Über die physiologische Function des Chlor in der Pflanze // Ibid. 1865b. Bd. 7. S. 171–186.
Nobbe F. Beiträge zur Pflanzencultur in tropfbarflüssigen Wurzelmedien // Ibid. 1867. Bd. 9. S. 228–234.
Nobbe F. Beiträge zur Pflanzencultur in tropfbarflüssiger Wurzelmedier. VIII // Ibid. 1868. Bd. 10. S. 1–13.
Nobbe F. Die Pflanzencultur im Wasser, und ihre Bedeutung für Landwirtschaft // Ibid. 1869. Bd. 11. S. 106–116.
Nobbe F. Uebt das Licht einen Vortheilhaften Einfluss auf Keimung der Grassamen? // Ibid. 1882. Bd. 27. S. 347–354.
Nobbe F., Haenlein H., Councler C. Vorläufige Notiz, betreffend das Vorkommen von phosphorsaurem Kalk in der lebenden Pflanzenzelle // Ibid. 1879. Bd. 23. S. 471–472.
Nobbe F., Schroeder J., Erdmann R. Mittheilungen aus der physiologischen Versuchs-Station Tharand // Ibid. 1871. Bd. 13. S. 321–329.
Nobbe F., Siegert Th. Ueber das Chlor als specifischen Nährstoff der Buchweizenpflanze // Ibid. 1862. Bd. 4. S. 318–340.
Nobbe F., Siegert Th. Ueber das Chlor als specifischen Nährstoff der Buchweizenpflanze // Ibid. 1863. Bd. 5. S. 116–136.
Nobbe F., Siegert Th. Beiträge zur Pflanzencultur in wässrigen Nährstofflösungen // Ibid. 1864a. Bd. 6. S. 19–45.
Nobbe F., Siegert Th. Beiträge zur Pflanzencultur in Wässrigen Nährstofflösungen // Ibid. 1864b. Bd. 6. S. 108–114.
Ohlert E. Einige Bemerkungen über die Wurzelzasern der höhern Pflanzen // Linnaea. 1837. Bd. 11. S. 609–631.
O'Sullivan C. On the active of malt-extract of starch // Chem. Soc. J. 1876. Vol. 2. P. 25. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 785–787).
Pasteur L. Mémoire sur la fermentation appelée lactique // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1858. T. 52. P. 404–418.
Pasteur L. Nouveaux faits pour servis à l'histoire de la levûre lactique // C. r. Acad. scf. 1859. T. 48. P. 337–338.
Pasteur L. Note relative au Penicillium glaucum et à la dissymétrie moléculaire des produits // Ibid. 1860a. T. 51. P. 298–301.
Pasteur L. Expèriences et vues nouvelles sur la nature des fermentations // Ibid. 1860в. T. 52. P. 1260–1264.
Pasteur L. Mémoire sur la fermentation alcoolique // Ann. chim. et phys. Sér. 3. 1860c. T. 58. P. 323–385.
Pasteur L. Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère, examen de la doctrine des générations spontanées // Ann. sci. batur. Zool. 1861. T. 10. P. 5–98.
Pasteur L. Examen du rôle attribué au gaz oxygéne atmosphérique dans la destruction des matières animales et végétales après la mort // C. r. Acad. sci. 1863. T. 56. P. 734.
Pasteur L. Etudes sur le vinaigre, la fabrication les maladies, moyens de les prévenir. P.: Gauthier-Villars, 1868. 119 p.
Pasteur L. Faits nouveaux pour servir à la connaissance de la théorie des fermentations propremeent dites // C. r. Acad. sci. 1872a. T. 75. P. 784–790.
Pasteur L. Note sur la production de l'alcool par les fruits // Ibid. 1872b. T. 75. P. 1054–1056.
Pasteur L. Étude sur la biére. P.: Gauthier-Villars, 1876. 387 p.
Pasteur L., Joubert J. Sur la fermentation de l'urine // C. r. Acad. sci. 1876. T. 83. P. 5–8.
Pauchon A. Recherches sur le rôle de la lumiére dans le germination // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1880. T. 10. P. 81–217.
Payen // Jahresber. Agr. Chem. 1862. Jg. 3. S. 74.
Pedersen R. Undersogelser over de faktorer, der hove indflydelse paa formeringen Kjbenhavn of undergjaersformen of Saccharomyces cerevisiae // Medd. Carlsberg Lab. 1882. H. 1. S. 40–71. Resume: s. 22–37.

Péligot E. Études chimiques et physiologiques sur les vers à soie // Ann. chim. et phys. Sér. 4. 1867. T. 12. P. 445–463.
Péligot E. Observations sur une note de M. Velter ayant pour titre: De l'utilité du sel marin en agriculture // Ibid. 1869. T. 18. P. 353–364.
Péligot E. Sur la nature du sol des polders de la Vendée // Ibid. 1871. T. 23. P. 417–429.
Pellet H. Die Vertheilung des salpetersauren Kalis in der Zuckerübe // Biedermann Cbl. Agriculturchem. 1880. S. 235–236. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 280–281).
Penzig O. Untersuchungen über Drosophyllum lusitanicum // Namslau L. K. Opitzsche Buchdruckerei. 1877. S. 1–46. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 309).
Perthuis // Ann. Chem. 1797. T. 19. (*Saussure Th.* Paris, 1804, 273–274).
Petermann A., Simon E. Schriftliche Mitteilung. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 59).
Peters E. Zur Keimungsgeschichte des Kürbissamens // Landw. Versuchs-Stat. 1861. Bd. 3. S. 1–19.
Petersen P. Vegetationsversuche in Wässerigen Nährstoff-Lösungen // Fühling's Landw. Ztg. 1875. Jg. 25. S. 336–339. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 888–889).
Petit A. De la disparition des acides du raisin et de leur transformation probable en sucre // C. r. Acad. sci. 1869. T. 69. P. 760–762.
Petit A. Sur le sucre contenu dans les feuilles de vigne // Ibid. 1873. T. 77. P. 944–945.
Petter K. // Kopp. und Will. Jahresb. 1862. S. 512. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 132).
Petzold. Ueber die Vertheilung des Gerbstoffes in den Zweigen und Blättern unserer Holzgewächse: Inaug. Diss. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 367).
Pfeffer W. Die Wirkung farbigen Lichtes auf die Zerzetzung der Kohlensäure in Pflanzen // Arb. bot. Inst. Würsburg. 1871. Bd. 1, H. 1. S. 1–76.
Pfeffer W. Untersuchungen über die Proteinkörper und Bedeutung des Asparagins beim Keimen der Samen // Jahrb. wiss. Bot. 1872a. Bd. 8. S. 429–574.
Pfeffer W. Die Wirkung der Spectralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen // Bot. Ztg. 1872b. Jg. 30, N 23. S. 429–439.
Pfeffer W. Die Wirkung der Spectralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen // Ibid. 1872c. Jg. 30, N 24. S. 449–462.
Pfeffer W. Die Wirkung der Spectralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen // Ibid. 1872d. Jg. 30, N 25. S. 465–472.
Pfeffer W. Ueber die Beziehung des Lichts zur Regeneration von Eiweisstoffen aus dem beim Keimungsprocess gebildeten Asparagin // Monatsber. Berlin Akad. Wiss. 1873. S. 780–788.
Pfeffer W. Hesperiden, ein Bestantheil einiger Hesperideen // Bot. Ztg. 1874. Jg. 32, N 34. S. 529–541.
Pfeffer W. Osmotische Untersuchungen. Leipzig: Engelmann, 1877. 236 S.
Pfeffer W. Das Wesen und die Bedeutung der Atmung in der Pflanze // Landw. Jahrb. 1878. Bd. 7. S. 805–834.
Pfeffer W. Pflanzenphysiologie: Ein Handbuch des Stoffwechsels und Kraftwechsels in der Pflanze. Leipzig: Engelmann, 1881. Bd. 1. 680 S.; Bd. 2. 986 S.
Pfeil Th. Chemische Beiträge zur Pomologie: Inaug. Diss. Dorpat, 1880. 46 S. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1875/1876. Jg. 14/15. S. 313).
Pfitzer E. Ueber die Einlagerung von Kalkoxalat-Crystallen in die Pflanzliche Zellhaut // Flora. 1872. Bd. 55. S. 97–102, 113–120, 129–135.
Pfitzer E. H. H. Ueber die Geschwindigkeit der Wasserbewegung (1875) // Verhandl. Naturhist.-med. Vereins Heidelberg. 1877. Bd. 1. S. 173–176.
Die Pflanze // Jahresber. Agr. Chem. 1862. Jg. 3. S. 51–170.– Idem // Ibid. 1863. Jg. 4. S. 51–160.– Idem // Ibid. 1864. Jg. 7. S. 78–212.
Pflüger E. Fr. W. Beiträge zur Lehre von der Respiration. I // Pflügers Arch. ges. Physiol. Menschen und Tiere. 1875a. Bd. 10. S. 251–367.
Pflüger E. Fr. W. Ueber die Phosphorescenz verwesender Organismen // Pflügers Arch. ges. Physiol. Menschen und Tiere. 1875b. Bd. 11. S. 222–263. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 261–262).
Pincus (Dr.), Röling J. Untersuchungen über den Einfluss der Gyps- und Bittersalzdungun auf Klee // Landw. Versuchs-Stat. 1868. Bd. 10. S. 402–418, 511–514.
Pitra A. Ueber die Anheftungsweise einiger Phanerogamen Parasiten an ihre Nährpflanzen // Bot. Ztg. 1861. Jg. 19, N 9/11. S. 53–76.

Pitra A. Versuche über die Druckkraft der Stammorgane bei den Erscheinungen des Blutens und Thränens der Pflanzen // Jahrb. wiss. Bot. 1878. Bd. 11. S. 437–530.
Planchau E. Recherches sur la formation des eaux sulfureuses naturells // C. r. Acad. sci. 1877. T. 84. P. 235–237.
Pollak A. // Kopp. und Will. Jahresber. 1863. S. 615. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 140).
Popoff L. Ueber die Sumpfgasgährung // Pflügers Arch. ges. Physiol. Menschen und Tiere. 1875. Bd. 10. S. 113–146.
Portele C. Researches on the ripening of graps and fruits // Biedermann Cbl. 1879a. S. 123–131, 758–764. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 697).
Portele C. Untersuchungen über das Reifen der Weintrauben // Die Weinlaube. 1879b. Jg. 11, N 18/25. S. 207–210, 219–221, 233–234, 244–247, 257–259, 267–269, 277–279, 286–288.
Portes L. Recherches sur les amandes douces // Repert pharm. T. 4. P. 641, 673. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 869).
Pott R. Untersuchugen über die Wachsthumsverhältnisse der Leguminosen // Landw. Versuchs-Stat. 1880. Bd. 25. S. 57–106.
Pott R. // Sammlung physiologischer Abhandlungen von W. Preyer. R. 1. H. 2. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 51–52).
Poulsen V. A. Im nogle Trikommer og Nektarier // Vidensk. Medd. Kiobenhavn. 1875/1876. Bd. 7. S. 242–283. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 1013).
Poulsen V. A. Ein neuer Fundort der Rosanoff'schen Krystalle // Flora. 1877. Bd. 60, N 3. S. 45–48.
Prazmowski A. Untersuchungen über die Entwicklungschichte und Fermentwirkung einiger Bacterien Arten. // Leipzig: Voigt, 1880. S. 1–55.
Preusse C. Ueber das angebliche Vorkommen von Brenzcatechin in Pflanzen // Ztschr. physiol. Chem. 1878/1879. Bd. 2. S. 324–328.
Prillieux E. De l'influence qu'exerce l'intenasité de la lumiére colorée sur la quantité de gaz que dégagent les plantes submergées // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1869. T. 10. P. 305–325.
Prillieux E. Expériences sur la fanaison des plantes // C. r. Acad. sci. 1870. T. 71. P. 81–83.
Prillieux E. Mouvement de la chlorophylle dans les Sélaginells // Ibid. 1874a. T. 78. P. 506–508.
Prillieux E. Sur les conditions qui déterminent le mouvement des grains de chlorophylle dans les cellules de l'Elodea canadensis // Ibid. 1874b. T. 78. P. 750–752.
Prillieux E. Sur la coloration et le verdissement du Neottia Nidus-avis // Ibid. 1873a. T. 76. P. 1530–1533.– Idem // Bull. Soc. bot. France. 1873b. T. 20. P. 182–186.– Idem // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1874c. T. 19. P. 108–118.
Prillieux E. Etude sur la formation de la gomme dans les arbres truitiers // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1875. T. 1. P. 176–200.
Pringsheim N. Ueber natüreiche Chlorophyllmodificationen und die Farbstoffe der Florideen // Monatsber. Berlin. Akad. Wiss. 1875. S. 745–759.
Pringsheim N. Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze (1881) // Jahrb. wiss. Bot. 1879/1881. Bd. 12. S. 288–437.
Pringsheim N. Ueber Chlorophyllfunction und Lichtwirkung in der Pflanze // Ibid. 1882a. Bd. 13. S. 377–490.
Pringsheim N. Ueber Chlorophyllfunction und Lichtwirkung in der Pflanze: Offens Schreiben an die Phylosophische Facultät der Universität Würzburg zur Abwehr. B.: Bernstein, 1882b. 116 S.
Radekopfer L. Über Krystalle proteinartiger Körper pflanzlichen und thierischen Ursprungs. Leipzig: Engelmann, 1859. 154 S.
Raffeneau-Delile A. Description de l'Agaric de l'olivier (Agaricus olearius), et examen de phosphorescence // Arch. bot. 1833. T. 2. P. 519–527.
Raffeneau-Delile A. Evidence du mode respiratoire des feuilles de Nelumbium // Ann. sci. natur. Sér. 2, Bot. 1841. T. 16. P. 328–355.
Ramey E. // Bull. Soc. Linnéenne. 1874. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1877. Jg. 16/17, Bd. 1. S. 267).
Raulin J. Etudes chimiques sur la végétation // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1869. T. 11. P. 93–299.

Rautenberg F., Kühn G. Aus der Station Weende // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 355–359.
Rautenberg F., Kühn G. Berichte über die auf der landwirtschaftlichen Versuchsstation Weenden ausgeführten Versuche // J. Landwirtschaft. 1871. Jg. 12. S. 106–140.
**Rauwenhoff N. W. P.* // Lineae. 1859. T. 14. P. 219.
Rauwenhoff N. W. P. Observations sur les caractéres et la formation du liege dans dicotylédones // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1869. T. 12. P. 347–364.
Reade J. B. On the existence of structure in the ashes of plants, and their analogy to the osseous system of animals // Philos. Mag. 1837. Vol. 11. P. 13–17.
Reess M. Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze. Leipzig: Felix, 1870. 88 S.
Reess M., Kellermann C. Raumer E. Vegetationsversuche an Drosera rotundifolia mit und ohne Fleischfütterung // Bot. Ztg. 1878. Jg. 36, N 14/15. S. 209–218, 225–229.
Reess M., Will H. Einige Bemerkungen über «Fleischessende» Pflanzen // Ibid. 1875. Jg. 33, N 44. S. 713–728.
Regel E. Fütterungs-Versuche mit Drosera Longifolia Sm. und Drosera rotundifolia L. // Ibid. 1879. Jg. 37, N 40. S. 645–648.
**Reichardt O.* // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien.
Reichardt O. Ueber die Lösungsvorgänge der Reservestoffe in den Hölzern bei beginnen der Vegetation // Landw. Versuchs-Stat. 1871. Bd. 14. S. 323–365.
Reinke J. Zur Kenntniss des Rhizoms von Corallorhiza und Epipogon // Flora. 1873. Bd. 12, N 14. S. 175–186, 209–224.
Reinke J. Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben, verkommenden Secretionsorgane // Jahrb. wiss. Bot. 1876. Bd. 10. S. 117–178.
Reinke J. Der Process der Kohlenstoffassimilation im chlorophyllhaltigen Protoplasma // Unters. Bot. Lab. Univ. Göttingen. 1881. Bd. 2. S. 187.
Richardson J. G. // Ann. Chem. und Pharm. 1848. Bd. 67, H. 3. S. 946. (*Wolff*, I, 1871, 100).
Rischawi L. A. Einige Versuche über die Athmung der Pflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1876. Bd. 19. S. 321–340.
Risse (*Sachs J.* 1869, S. 153).
Rissmüller L. Ueber die Stoffwanderung in der Pflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1874. Bd. 17, S. 17–31. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 849).
Ritthausen H. Neue Analysen der Aschen einiger Lycopodiumarten // J. prakt. Chem. 1853. Bd. 58. S. 133–135.
Ritthausen H. Die Eiweisskörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Ölsamen. Bonn: Cohen, 1872. 252 S.
Ritthausen H. Ueber die Eiweisskörper der Ricinussamen, der Proteinkörner, sowie der Krystallodie dieser Samen // Pflügers Arch. ges. Physiol. 1879. Bd. 19. S. 15–53, 81–104.
Rochleder F. Anleitung zur Analyse von Pflanzen und Pflanzentheilen. Würzburg. Stahel, 1858. 112 S.
Rode C. // Vierteljahrschr. prakt. Pharm. Bd. 9. S. 531. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1863. Jg. 4. S. 51–160).
Rollo J. // Ann. chim. 1797. T. 25. P. 37. (*Sausure Th.* P., 1804. P. 7).
Rosanoff S. Ueber die Crystalldrusen im Marke von Kerria japonica DC, und Ricinus communis // Bot. Ztg. 1865. Jg. 23. S. 329–330.
Rosanoff S. Ueber Crystalldrusen in den Pflanzenzelle // Ibid. 1867. Jg. 25, N 6. S. 41–42.
Rosanoff S. Ueber Kieselsäureablaggerungen in einigen Pflanzen // Ibid. 1871. Jg. 29, N 44/45. S. 748–753, 765–769.
Rotondi E. // Relazione della r. statione enologica d. Asti. 1878. P. 111–117. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 64; Cbl. Agriculturchem. 1879. S. 531).
Roussille A. Vergleichende Untersuchungen über das Reifen der Oliven // Ann. Agron. 1878. Bd. 4. S. 229–236. Biedermann Cbl. 1879. S. 131–134. (Ref.: Bot. Jahresber. Abt. 1. 1800. Jg. 6. S. 607–608).
Roux P. P. E. Sur une levure cellulaire qui ne secréte pas de ferment inversif // Bull. Soc. chim. France. 1881. T. 35. P. 371–373. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 22. S. 501).

Rowney Th., Blow // Liebig und Kopp. Jahresber. 1847—1848. Tab. A. von der Insell. St. Michael. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 123).
Sachs J. Ueber eine Methode, die Quantitäten der Vegetabilischen Eigenwärme zu bestimmen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. 1857. Bd. 26. S. 326—331.
Sachs J. Bericht über die Physiologische Thätigeit an der Versuchs-Station in Tharandt // Landw. Versuchs-Stat. 1859a. Bd. 1. S. 203—240.
Sachs J. Über einige neue mikroscopisch-Chemische Reactionsmethoden // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. 1859b. Bd. 36. S. 5—36.
Sachs J. Physiologische Untersuchungen über die Keimung der Schminkbohne // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1859c. Bd. 37. S. 57—119.
Sachs J. Ueber das Auftreten der Stärke bei der Keimung Ölhaltiger Saamen // Bot. Ztg. 1859d. Bd. 17. S. 177—183, 185—188.
Sachs S. Chem. Ackermann. 1860a. S. 163. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1862. Jg. 3. S. 78).
Sachs J. Bericht über die physiologische Tätigeit an der Versuchs-Station in Tharandt // Landw. Versuchs-Stat. 1860b. Bd. 2. S. 219—268.
Sachs J. Physiologische Mittheilungen verschiedenen Inhaltes // Bot. Ztg. 1860c. Jg. 18, N 29/30. S. 252—257, 261—268.
Sachs J. Microchemische Untersuchungen // Flora. 1862a. Bd. 45. S. 289—301, 313—320, 326—336.
Sachs J. Ueber saure, alcalische und neitrale Reaction der Säfte lebender Pflanzenzellen // Bot. Ztg. 1862b. Jg. 20, N 33. S. 257—265.
Sachs J. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern // Ibid. 1862c. Jg. 20, N 44. S. 365—373.
Sachs J. Uebersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll // Flora. 1862d. Bd. 45, N 9/14. S. 129—137, 159—170, 175—186, 209—221.
Sachs J. Beiträge zur Physiologie des Chlorophylls // Flora, 1863a. Bd. 46, N 13. S. 193—204.
Sachs J. Ueber die Keimung des Saamens von Allium Cepa // Bot. Ztg. 1863b. Jg. 2, N 8/9. S. 57—62, 65—70.
Sachs J. Ueber den Einfluss des Tageslichts auf Neubildung und Entfaltung verschiedener Pflanzenorgane // Ibid. 1863c. Jg. 21, N 31/33. S. 1—30.
Sachs J. Ueber die Leitung der plastischen Stoffe zur verschiedene Gewebeformen // Flora. 1863d. Bd. 46. S. 33—42, 49—58, 65—74.
Sachs J. Ueber die Stoffe, welche das Material zum Wachsthum der Zellhäute liefern // Jahrb. wiss. Bot. 1863e. Bd. 3. S. 183—258.
Sachs J. Ueber die Auflösung und Wiederbildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern bei Wechseln der Beleuechtung // Bot. Ztg. 1864a. Jg. 22, N 38. S. 289—296.
Sachs J. Wirkungen farbigen Lichts auf Pflanzen // Ibid. 1864b. Jg. 22. S. 353—358, 361—367, 369—372.
Sachs J. Ueber den Einfluss der Temperatur auf das Ergrünen der Blätter // Flora. 1864. Bd. 47, N 32. S. 497—506.
Sachs J. Wirkung des Lichts auf die Blüthenbildung unter Vermittlung der Laubblätter // Bot. Ztg. 1865a. Jg. 23. S. 117—121.
Sachs J. Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig: Engelmann, 1865b. 514 S.
Sachs J. Ein Beitrag zur Kenntuis des Aufsteigenden Saftströms in transpirierenden Pflanzen // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1872. Bd. 2, H. 1. S. 148—184.
Sachs J. Lehrbuch der Botanik nach dem Gegenwärtigen Stand der Wissenschaft. 4. Aufl. Leipzig: Engelmann, 1874. 928 S.
Sachsse R. Über einige chemische Vorgänge bei der Keimung von Pisum sativum. Leipzig: Edelmann, 1872. 55 S.
Sachsse R. Ueber die Bedeutung des Chlorophylls // Sitzungsber. Naturforsch. Ges. Leipzig. 1875. Bd. 2. S. 115—120. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 927—928).
Sachsse R. Die Chemie und Physiologie der Farbstoffe. Leipzig: Voss, 1877. 339 S.
Sachsse R. Phytochemische Untersuchungen. Leipzig: Voss, 1880. 119 S.
Sachsse R., Kormann W. Ueber eine Methode zur quantitativen Bestimmung einiger Amide mittels salpetriger Säure // Landw. Versuchs-Stat. 1874. Bd. 17. S. 321—328.
Saint-Andre E. Untersuchungen über die Entwickelung der Zwiebeln // Ann. agron. 1877.

T. 3. P. 306–314; Biedermann Cbl. 1877. Bd. 12. S. 270–272. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 712–713).
Saint-Pierre C., Magnien L. Recherches sur les gaz contenus dans les fruits du baguenaudier (Colutea arborescem) // Ann. chim. Sér. 5. 1876. T. 9. P. 131–134.
Salm-Horstmar F. Versuche über die nothwendigen Aschenbestandtheile einer Pflanzen-Species // J. prakt. Chem. 1849. Bd. 46. S. 193–211.
Salm-Horstmar F. Versuche über Ernährung der Haferpflanze, besonders über die dazu nothwendigen anorganischen Stoffe // Ibid. 1851a. Bd. 52. S. 1–37.
Salm-Horstmar F. Versuche über die zur Ernährung der Haferpflanze nothwendigen unorganischen Stoffe // Ibid. 1851b. Bd. 54. S. 129–133.
Salm-Horstmar F. Versuche über die zur Fruchtbildung des Winterweizens und der Sommer-Gerste nothwendigen unorganischen Stoffe // Ibid. 1854. Bd. 61. S. 148–154.
Salm-Horstmar F. Versuche über die zur Fruchtbildung des Winterweizens der Sommer-Gerste und des Sommer-Rübsen nothwendigen unoganischen Stoffe // Ibid. 1855. Bd. 64. S. 1–10.
Salm-Horstmar F. Versuche zur Ausmittelung der zur Fruchtbildung bei der Sommer-Gerste nothwendigen unorganischen Stoffe // Ibid. 1858. Bd. 73. S. 193–203.
Salm-Horstmar F. Ueber das Fluor in der Asche von Lycopodium clavatum // Pogg. Ann. R. 4. 1860. Bd. 111. St. 2, S. 339–343.
Salm-Horstmar F. Ueber die Nothwendigkeit des Lithiums und des Fluorkaliums zur Fruchtbildung der Gerste // J. prakt. Chem. 1861. Bd. 84. S. 140–145.
Salm-Horstmar F. (*Pfeffer.* 1881. Bd. I. S. 264).
Salm-Horstmar W. F. A. Versuche und Resultate über die Nahrung der Pflanzen. Braunschweig: Felix, 1856. 39 S.
Sanio C. Ueber die in der Rinde dicotyler Holzgewächse vorkommenden crystallinischen Niederschläge und deren anatomische Verbreitung // Monatsber. Berlin. Akad. Wiss. 1857. S. 252–272.
Sanio C. Untersuchungen über die jenigen Zellen des dicotylen Holzkörners, welche ausser den Markstrahlen in Winter assimilirte Stoffe führen // Linnaea. 1857/1858. Bd. 29, H. 1. S. 111–168.
Sartorius C. (*Sachs J.* 1869. S. 201).
Saussure N. Th. Recherches chimique sur la végétation. P.: Nyon, 1804. 327 p.
Saussure N. Th. De l'action des fleurs sur l'air, et de leur chaleur propre // Ann. chim. 1822. T. 21. P. 274–304.
Saussure N. Th. Sur la germination des graines oleagineuses // Frorieps Notizen Gebiete Natur- und Heilkunde. 1842. Bd. 24, N 16. S. 243–246.
Schacht H. Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Gewächse. B.: Müller, 1856. Bd. 1. 446 S.
Schell J. Physiologische Rolle der Gerbsäure. Kasan, 1874. 136 S. (Ref.: Bot. Jahresber. 1877. Jg. 3. S. 872–878).
Schimper A. F. W. Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner // Bot. Ztg. 1880. Jg. 38. S. 881–902.
Schimper A. F. W. Untersuchungen über das Wachsthum der Särkekörner // Ibid. 1881. Jg. 39, N 13/14. S. 185–194, 201–211, 217–228.
Schloesing I. I. T. Sur l'absorption de l'ammonique de l'air par les vegetaux // C. r. Acad. sci. 1874. T. 78. P. 1700–1703.
Schloesing J., Müntz A. Sur la nitrification par les ferments organises // Ibid. 1877. T. 84. P. 301–303.– Idem // Ibid. 1879. T. 89. P. 891–894.
Schloesing Th., Müntz A. Recherches sur la nitrification par les ferments // Ibid. 1878. T. 86. P. 892–895. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 570).
Schlosinger R. (*Wiesner J.* Leipzig, 1873. S. 496–497).
Schmidt C. Ueber das Vorkommen des oxalsauren Kalks in den einfachsten Zellenpflanzen und dem Secret der Schleimhäute // Ann. Chem. und Pharm. 1847. Bd. 61. S. 288–306.
Schmiedeberg O. Ueber die Darstellung der Paranuss-Krystalle // Ztschr. physiol. Chem. 1877/1878. Bd. 1. S. 205–208. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 657).
Schmöger M. Zur Frage über Möglichkeit, der Chlorophyll führenden weder als saprophytisch noch als parasitisch bekannten Pflanze durch Darbietung von organischer

Substanz der Kohlensäure der Luft entbehrlich zur machen // J. Landwirtsch. 1881. Bd. 28. S. 179–194.
Schönbein C. F. Ueber Vorkommen salpetrig- und salpetersaurer Salze in Pflanzen // J. prakt. Chem. 1863. Bd. 88. S. 460–469.
Schröder J. Untersuchung über die Vertheilung des Stickstoffs und der Mineralbestandtheile bei Keimung der Schminkbohne // Landw. Versuchs-Stat. 1968. Bd. 10. S. 493–520.
Schröder J. Untersuchung der chemischen Constitution des Frühjahrssaftes der Birke, seiner Bildungsweise und weiteren Umwandlung, bis zur Blattbildungsperiode (1864) // Arch. Naturkunde Liv-, Esth-, und Kurlands. Biol. 1870. Bd. 7. S. 1–82.
Schröder J. Die Frühjahrsperiode der Birke (Betula alba L.) und des Ahorn (Acer. platanoides L.) // Landw. Versuchs-Stat. 1871. Bd. 14. S. 118–146.
Schröder J. // Tharander Forstl. Jahrb. 1874. Bd. 24. S. 257–277. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 91).
Schröder J. Forst chemische und Pflanzenphysiol. Untersuchungen. 1878. S. 94–107. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 80, 96–97, 100; Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 568).
Schübler G. Beobachtungen über die Temperatur des Vegetabilien: Inaug. Diss. Tübingen, 1826. 18 S.
Schulz A. Ueber den Stoffbedarf und den Stoffumsatz des Kahmpilzes (Saccharomyces Mycoderma) // Ann. Oenol. Abt. 3. 1878. Bd. 7. S. 115–147. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 84–85; Jahresber. Agr. Chem. 1878. Jg. 18/19. S. 568).
Schulz H. // Ztschr. Rübenzuckerindustrie. 1866. S. 435. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 97).
Schulz H. Zur Kenntnis der Cichorie // Landw. Versuchs-Stat. 1867. Bd. 9. S. 203–216.
Schulz-Fleeth // Lieb. und Kopp. Jahresb. 1850. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 131).
Schulze E. Ueber Maltose // Ber. Dt. Chem. Ges. 1874. Bd. 7. S. 1047–1049.
Schulze E. Ueber Schwefelsäure-Bildung in Keimpflanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1876. Bd. 19. S. 172–176.
Schulze E. Ueber Zersetzung und Neubildung von Eiweisstoffen in Lupinen Keimlingen // Landw. Jahrb. 1878. Bd. 7. S. 411–444.
Schulze E. Über stickstoffhaltige Pflanzenbestandteile // Chem. Cbl. F. 3. 1882. Bd. 13. S. 89–90.
Schulze E., Barbieri J. Ueber das Vorkommen eines Glutaminsäure-Amides in den Kürbiskeimlungen // Ber. Dt. chem. Ges. 1877. Bd. 10. S. 199–201.
Schulze E., Barbieri J. Asparaginsäure und Tyrosin aus Kürbiskeimlingen // Ibid. 1878a. Bd. 11. S. 710–712.
Schulze E., Barbieri J. Leucin aus Kürbiskeimlingen // Ibid. 1878b. Bd. 11. S. 1233–1234.
Schulze E., Barbieri J. Ueber den Gehalt der Kartoffeleknollen an Eiweisstoffen und an Amiden // Landw. Versuchs-Stat. 1878c. Bd. 21. S. 63–92.
Schulze E., Barbieri J. Ueber das Vorkommen von Leucin und Tyrosin in den Kartoffeleknollen // Ibid. 1880. Bd. 24. S. 167–169.
Schulze E., Barbieri J. Ueber das Vorkommen von Peptonen in den Pflanzen // Chem. Cbl. 1881. Bd. 12. S. 714–720.
Schulze E., Barbieri J. Ueber Phenilpropionsäure, Amidovaleriansäure und einige andere Stickstoffhaltige Bestandtheile der Keimlinge von Lupinus // Tageblatt Naturforscher Vers. Salzburg. 1881. S. 83.– Idem // J. prakt. Chem. 1883. Bd. 27. S. 337–362.
Schulze E., Mayer A. Verhandlungen der V. Wanderversammlung deutscher Agriculturchemicker, Physiologen und Vorstände der Versuchs-Stationen // Landw. Versuchs-Stat. 1869. Bd. 11. S. 96–149.
Schulze E., Umlauft W. Ueber Asparagin gehalt von Lupinin-Keimlingen // Ibid. 1871. Bd. 13. S. 1–3.
Schulze E., Urich A. Ueber die Stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Futter-Rüben // Ibid. 1875. Bd. 18. S. 296–324.
Schulze E., Urich A. Ueber die Stickstoffhaltigen Bestantheile der Futter-Rüben // Ibid. 1877. Bd. 20. S. 193–245.
Schulze F. Lehrbuch der chemie für Landwirthe. Leipzig, 1860. Bd. 1. 245 S.; Bd. 2. 446 S.
Schumacher W. Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. Leipzig: Winter, 1861. 288 S.
Schütz E. Atropa Belladonna L. var lutea (Schüth) und ihre Atropingemalt // Württem-

berg. naturwiss. Jahresh. 1877. Bd. 33. S. 291. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 604–605).

Schütze W. // Ztschr. Forst. und Jagdwese. 1876. Bd. 8. S. 371–380. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 84).

Schützenberger P. Mémoire sur les matière albuminoides // Ann. chim. et phys. Sér. 5. 1879a. T. 16. P. 289–419.

Schützenberger P. Les fermentations. 3e·ed. P.: Baillière, 1879b. 278 p.

Schützenberger P., Quinquaud E. Sur la respiration des végétaux aquatiques immergés // C. r. Acad. sci. 1873. T. 77. P. 272–273.

Schwann Th. Mikroscopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Thiere und Pflanzen. B.: Sander, 1839. 270 S.

Schwendener S. Ueber Bau und Mechanik der Spaltoffunngen // Monatsber. Berlin. Akad. Wiss. 1881. Juli. S. 833–867.

Senebier J. Mémoires physico-chimiques, sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres des trois régnes de la nature et sur-tout ceux du règne végétal. Genève: Chirol, 1782. Vol. 1. 408 p.; Vol. 2. 411 p.

Senebier J. Recherches sur l'influence de la lumière solaire pour métamorphoser l'air fixe en air pur par la végétation. Genève: Chirol, 1783. 385 p.

Senebier J. Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation. Genève: Barde, Manget, 1788. 446 p.

Senebier J. Physiologie végétale. Genève, 1800. T. 1. 463 p.; T. 2. 472 p.; T. 3. 420 p.; T. 4. 435 p.; T. 5. 351 p.

Seynes J. Sur le Mycoderma vini // Ann. sci. natur. Bot. 1869. T. 10. P. 59.

Seynes J. Note sur le Penicillium bicolor, et sur les prétendues transformations des Mucédinées en levûre alcoolique // Ibid. Ser. 5. 1872. T. 14. P. 378–382.

Siegel O. Oekonomische Fortschritte. 1871. 38 S. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 110).

Siemens Ch. W. On the influence of electric light upon vegetation and on certain physical principles involved // Proc. Roy. Soc. London. 1880. Vol. 30. P. 210–219, 293–295. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1881. Jg. 22. S. 176).

Siewert Ch. // Ztschr. landw. Centralvereins Sachsen. 1870a. S. 75. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 37).

Siewert W. Ueber die Alkaloide der Lupinus-Arten // Landw. Versuchs-Stat. 1870b. Bd. 12. S. 306–316.

Sokolov N. // (*Schulz A.* 1878. S. 128).

Solms-Laubach H. Ueber den Bau und die Entwickelung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen // Jahrb. wiss. Bot. 1868. Bd. 6. S. 509–538.

Solms-Laubach H. Ueber einige geformte Vorkommnisse oxalsauren Kalkes in lebenden Zellmembranen // Bot. Ztg. 1871. Jg. 29, N 31/33. S. 509–523, 525–537, 541–550.

Solms-Laubach H. Ueber den Thallus von Pilostyles Haussknechtii // Ibid. 1874. Jg. 32, N 4/5. S. 49–59, 65–74.

Sorauer P. Studien über die Ernährung der Obstbäume. 1. Nährstofflösung // Monatschrift Vereins Beförderung Gartenbaues. 1877. Jg. 20. S. 58–64. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 677).

Sorauer P. Studien über Verdunstung. 1–16 // Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik/Hrsg. E. Wollny. Heidelberg, 1880. Bd. 3. S. 351–390.

Sorauer P. C. M. Einige Beobachtungen über Gummibildung // Landw. Versuchs-Stat. 1872. Bd. 15. S. 454–465.

Souchey A., Lenssen E. Ueber die Oxalate der Alkaliën und Alkalischen Erden // Ann. Chem. und Pharm. 1856. Bd. 100. S. 308–325.

Staffel // Liebig und Kopp. Jahresber. 1850. Tab. 8: Thonerde in Asche. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 118).

Stahl E. Entwickelngsgeschichte und Anatomie der Lenticellen // Bot. Ztg. 1873. Jg. 31, N 36. S. 593–601.

Stahl E. Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche // Ibid. 1880a. Jg. 38, N 21/24. S. 361–368, 392–404, 409–413.

Stahl E. Ueber den Einfluss der Lichtintensität auf Structur und Anordnung des Assimilations Parenchyms // Ibid. 1880b. Jg. 38, N 51. S. 868–880.

Stahl E. Ueber den Einfluss der Sonnigen und schattigen Standortes an der Ausbildung der Laubblatter // Ztschr. Naturwiss. 1883. Bd. 16 (9), H. 1. S. 162–200.
Stohmann F. Versuche über die Vegetation von Maispflanzen in Wasserigen Losungen // Nachr. Georg-August Univ. und Kgl. Ges. Wiss. Göttingen. 1961. S. 237–248.– Idem // Flora. 1861. Bd. 44. S. 679–687.– Idem // J. Landwirtschaft. 1862. Bd. 7, H. 1.
Stohmann F. Ueber einige Bedingungen der Vegetation der Pflanzen // Ann. Chem. und Pharm. 1862. Bd. 121. S. 285–338.
Stohmann F. Aus der Station Braunschweig // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 347–355.
Stöhr A. Ueber Verkommen von Chlorophyll in der Epidermis der Phanerogamen-Laubblätter // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-Naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1879. Bd. 79. S. 87–118.
Strasburger E. Wirkung des Lichtes und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena: Fischer, 1878. 75 S.
Strehl R. Untersuchungen über das Lägenwachsthum der Wurzel und des Hypokotylen Gliedes: Diss. Leipzig, 1874. 60 S.
Stutzer A. Die Rohfaser der Gramineen // Landw. Versuchs-Stat. 1875. Bd. 18. S. 364–392.
Stutzer A. Ueber Wirkungen von Kohlenoxyd auf Pflanzen // Ber. Dt. chem. Ges. 1876. Bd. 9. S. 1570–1571.
Stutzer A. Ueber Beziehungen zwischen der chemischen Constitution gewisser organischer Verbindungen und ihrer physiologischen Bedeutung für die Pflanze // Landw. Versuchs-Stat. 1878. Bd. 21. S. 93–133.
Tangl E. Vorläufige Mittheilung // Flora. 1874. Bd. 57, N 15. S. 239–240.
Tangl E. J. Ueber offene Communicationen zwischen den Zellen des Endosperms einiger Samen // Jahrb. wiss. Bot. 1880. Bd. 12. S. 170–190.
Terreil A. // Jahresber. Agr. Prat. 1864. Bd. 1, S. 177. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 42; Peters Jahresb. 1864. S. 89).
Thoms G. Ueber die Weisse Ablagerung im Teakholz (Tectonia grandis) // Landw. Versuchs-Stat. 1879. Bd. 23. S. 413–427.
Timirjaseff C. Ueber die relative Bedeutung von Lichtstrahlen verschiedener Brechbarkeit bei der Kohlensäurezersetzung in Pflanzen // Bot. Ztg. 1869. Jg. 27, N 11. S. 169–175.
Timiriasev K. A. Recherches sur la décomposition de l'acide carbonique dans le spectre solaire, par les parties vertes des végétaux // Ann. chim. Sér. 5. 1877. T. 12. S. 355–396.
Traube M. Experimente zur Theorie der Zellenbildung und Endosmose // Arch. Anat. Physiol. 1867. S. 87–128, 129–165.
Traube M. Experimente zur physikalischen Erklärung der Bildung der Zellhaut, ihres Wachstums durch Intussusception und des Aufwärtswachsens der Pflanzen // Bot. Ztg. 1875. Jg. 33, N 4. S. 56–63.
Trécul A. Des formations vésiculaires dans les cellules végétales // Ann. sci. natur. Ser. 4, Bot. 1858. T. 10. P. 205–382.
Trécul A. Production des plantules amyliferes dans les cellules vegetaux pendant la putrefaction // C. r. Acad. sci. 1965. T. 61. P. 432–435.
Trecul A. De la chlorophylle cristallisée // Ibid. 1879. T. 89. P. 883–884.
Treub M. Observations sur le sklérenchyme // Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 312, 316–317.
Treub M. Observations sur les loranthacées. Leide: Brill, 1881. 25 p.
Treviranus L. Ch. Physiologie der Gewächse. Bonn: Marcus, 1835. Bd. 1. 206 S.
Trinehinetti A. Sulla facolta assorbente delle radici de vegetabili // Milano. Giorn. Inst. Lomb. 1843. Vol. 4. P. 21–83.
Tschaplowitz F. Vermögen die Pflanzen Wasser durch ihre Landlblätter aufzunchmen? // Wiener Obst. und Gartenzeitung. 1878. S. 274. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1880. Jg. 21. S. 292–293).
Tulasne L. R. De la phosphorescence spontanée de l'Agaricus olearius, du Rhizomorpha subterranea, et des feuilles mortes du Chêne // Ann. sci. natur. Sér. 3. 1848. T. 9. P. 388–362.
Ulbricht V. Die Vertheilung der Mineralstoffe und des Stickstoffs über die Organe des

Rothklees in den berichtedenen Perioden seines Wachstbums // Landw. Versuchs-Stat. 1860. Bd. 3. S. 241—280.— Idem // Ibid. 1861. Bd. 4. S. 1—31.
Uloth W. Ueber Pflanzenchleim und seine Entstehung in der Samenepidermis von Plantago maritima und Lepidium sativum // Flora. 1875. Bd. 58. S. 193—216.
Umlauft W. L., Schulze E. Ueber den Asparagingehalt von Lupinen-Keimlinge // Landw. Versuch-Stat. 1875. Bd. 18. S. 1—3.
Unger F. Die Pflanze im Moment der Tierwendung. Wien: Beck, 1845.
Unger F. Nehmen die Blätter der Pflanzen dunstförmiges Wasser aus der Atmosphäre auf? // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. 1852. Bd. 9. S. 885—900.
Unger F. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Hartleben, 1855. 461 S.
Unger F. Beiträge zur Physiologie der Pflanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1857. Bd. 25. S. 441—470.
Unger F. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 2. 1882a. Bd. 44. S. 181—217.
Unger F. Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen // Ibid. 1882b. Bd. 44. S. 327—368.
Urich A. Fortleben einer von ihrem Wurzelstock getrennten Rothbuche // Forstwissenschaftliches Centralblatt/Hrsg. Baur. S. 468—469. (Ref.: Bot. Jahresber. 1883. Jg. 7. S. 292).
Urich A., Schulze E. Ueber die stickstoffhaltigen Bestantheile der Futter-Rüben // Landw. Versuchs-Stat. 1875. Bd. 18. S. 296—324.
Urich A., Schulze E., Umlauft W. Untersuchungen über einiger chemische Vorgänge bei der Keimung der gelben Lupine // Ibid. 1876. Bd. 5. S. 821—869.
Van Tieghem Ph. Note sur la fermentation ammoniacale // C. r. Acad. sci. 1864. T. 58. P. 210—214.
Van Thiegem Ph. Sur les globules amylacés des Florides et des corallines // Ann. sci. natur. Sér. 5. Bot. 1865. T. 4. P. 316—319.
Van Tieghem Ph. Recherches pour servir à l'histoire physiologique des Mucédinées // Ibid. 1867. T. 8. P. 210—244.
Van Tieghem Ph. Recherches physiologiques sur la germination // Ibid. 1873. T. 17. P. 205—224.
Van Tieghem Ph. Nouvelles recherches sur les mucorinées // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1875. T. 1. P. 5—175.
Van Tieghem Ph. Sur le Bacillum amylobacter et son role dans la putréfaction des tissues végétaux // Bull. Soc. bot. France. 1877. T. 24. P. 128—135.
Vauquelin L. N., Robiquet J. P. Découverte d'un nouveau principe végétale dans le suc des asperges // Ann. chim. 1805. T. 57. P. 88—93.
Vesque J. Observations sur les cristaux d'oxalate de chaux dans les plantes, et sur leur reproduction artificielle // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot. 1874. T. 19. P. 300—313.
Vesque J. Mémoire sur l'anatomie comparée de l'ecorce // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot. 1875. T. 2. P. 82—198.
Vesque J. De l'influence des matière salines sur l'absorption de l'eau par les racines // Ibid. 1878a. T. 9. P. 5—31.
Vesque J. De l'influence de la température du sol sur l'absorption de l'eau par les racines // Ibid. 1878b. T. 6. P. 169—201.
Vesque J. L'absorption comparée directement à la transpiration // Ibid. 1878c. T. 6. P. 201—222.
Vesque J., Dehérain P. P. Recherches sur la respiration des racines // Ibid. 1876. T. 3. P. 327—343.
Vibrans O. // Jahresber. Agr. Chem. 1873. 1874. (*Wolff.* 1880. Bd. II. S. 107).
Ville G. Quel est le rôle des nitrates dans l'économie des plantes // C. r. Acad. sci. 1856. T. 43. P. 612—615.
Ville G. Recherches expérimentales sur la végétation. P.: Giraud, 1863. 18 p.
Vines S. H. On the digestive ferment of Nepenthes (1876) // J. Linn. Soc. Bot. 1877. Vol. 15, N 87. P. 427—431.
Vines S. H. The influence of light upon the growth of unicellular organs // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1882. Bd. 2. S. 133—147.
Viollette Ch. Sur la destribution du sucre et des principes minéraux dans la betterave // C. r. Acad. sci. 1874. T. 79. P. 899.

Vöchting H. Trichome der Melastomaceen // Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 383.
Vogel A. Ueber das Vorkommen von Stickstoff in den freiwilligen Zersetzungsproducten einiger Stickstoffreien organischen Substanzen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-phys. Cl. München. 1862. Bd. 2. S. 39–41.
Vogel A. Physiologische Beitrage // Bot. Ztg. 1866. Jg. 24, N 1. S. 1–8.
Vogl // Commentar. Z. Oesterr. Pharmacopea. Bd. 1. S. 238. (*Wissner*, 1872).
Voit K. Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels und der Ernährung. Leipzig: Vogel, 1881. 575 S.
Volkov A., Mayer A. E. Beiträge zur Lehre über die Atmung der Pflanzen // Landw. Jahrb. 1874. Bd. 3. S. 481–527.
Vrolik G., Vriese W. H. Recherches sur l'élévation de la température du spadice du Colocasia odora (Caladium odorum), faites dans le jardin botanique d'Amsterdam // Ann. sci. natur. Sér. 2, Bot. 1836. T. 5. P. 134–146.
Vrolik G., Vriese W. H. Nouvelles expériences sur l'élévation de température du spadice d'une Colocasia odora (Cladium odorum) // Ibid. 1839. T. 11. P. 65–85.
Vrolik G., Vriese W. H. Nouvelles expériences sur les changements que subit l'atmoephère pendant le développement de la température élevée dans un spadice de Colocosia odora // Ibid. 1840. T. 14. P. 359–362.
Wagner A. Wegetations-Versuche über die Stickstoff-Ernährung der Pflanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1869. Bd. 11. S. 287–298.
Walz J. Beitrag zur Morphologie und Systematik der Gattung Vaucheria DC // Jahrb. wiss. Bot. 1867. Bd. 5. S. 127–160.
Warming E. Undersogelser og Betragtninger over cycaderne. Kjobenhavn, 1877. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 343–344).
Way J. Th., Ongston G. H. // Leibig und Kopp. Jahresb. 1850. Tab. B. (*Wolff*, I, 1871, 100).
Way J. Th., Ongston G. H. // Strumpf. Fortschritte angew. Chem. 1853. Bd. 1. S. 144. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 78).
Weber R. Forstliche Blatter von Grunert und Leo. 1876. S. 257. (*Wolff*. 1880. Bd. II. S. 68).
Weinzierl J. Ueber die Verbreitung des Phoroglucins im Pflanzenreich // Oesterr. bot. Ztschr. 1876. N 9. (Ref.: Bot. Jahresber. 1878. Jg. 4. S. 357, 368).
Weiss A. Untersuchungen über die Zahlen- und Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen // Jahrb. wiss. Bot. 1866. Bd. 4. S. 125–196.
Weyl Th. Beiträge zur Kenntniss thierischer und Pflanzlicher Eiweisskörper // Pflügers Arch. Physiol. Menschen und Tiere. 1876. Bd. 12. S. 635–638.
Weyl Th. Beiträge zur Kenntniss thierischer und Pflanzlicher Eiweisskörper // Ztschr. physiol. Chem. 1877/1878. Bd. 1. S. 72–100.
Wicke W. Ueber das Vorkommen und die Physiologische Verwendung der Kieselsäure bei den Dicotylendonen // Chem. Cbl. N. F. 1861. Jg. 6, Bd. 1, N 10. S. 157–159.– Idem // Bot. Ztg. 1861. Jg. 19, N 16. S. 97–100.
Wicke W. // J. Landwirtsch. 1864. Bd. 9. S. 379. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1866. Jg. 7. S. 98).
Wicke W. (*Mayer A.* 1871. Bd. 1).
Wiegand A. Ueber die Desorganisation der Pflanzenzelle, insbesondere über die physiologische Bedeutung von Gummi und Harz // Jahrb. wiss. Bot. 1863. Bd. 3. S. 114–182.
Wiegmann A. J. F. (*Wolff*. 1871. Bd. I. S. 135).
Wiegmann A. J. F., Polstorff L. Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen oder Beantwortung der Frage. Braunschweig: Vieweg, 1842. 55 S.
Wiesner J. Microscopische Untersuchungen. Stuttgart, 1872. 191 S.
Wiesner J. Experimental Untersuchungen über die Keimung der Samen // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. 1871. Bd. 64. S. 415–433.– Idem // Ztschr. Gesammt Naturwiss. 1872. Bd. 40. S. 120–121.– Idem // Landw. Versuchs-Stat. 1872. Bd. 15. S. 135–143, 297–302.
Wiesner J. Untersuchungen über die Farbstoffe einiger für chlorophyllfrei gehaltenen Phanerogamen // Jahrb. wiss. Bot. 1872. Bd. 8. S. 575–594.
Wiesner J. Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Leipzig: Engelmann, 1873. 846 S.
Wiesner J. Ueber die Menge des Chlorophylls in den oberirdischen Organen der Neottia nidus avis // Flora. 1874a. Bd. 57. S. 73–77.

Wiesner J. Untersuchungen über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1874b. Bd. 69, S. 327—385.
Wiesner J. Ueber die Krystallinische Beschaffenheit der geformten Wachsüberzüge Pflanzlicher Oberhäute // Bot. Ztg. 1876. Jg. 34, N 15. S. 225—240.
Wiesner J. Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanzen: Eine physiologische Untersuchung: Wien. Hölder, 1877a. 120 S.
Wiesner J. Untersuchungen über den Einfluss des Lichtes und der Strahlenden Wärme auf die Transspiration der Pflanzen (1876) // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1877b. Bd. 74. S. 477—531.
Wiesner J. Note über das Verhalten das Phloroglucins und einiger verwandter Körper zur verholzten Zellmembran // Ibid. 1878a. Bd. 77. S. 60—66.
Wiesner J. Phloroglucin zur Nachweisung der Holzsubstanz // Dinglers Polytechn. J. 1878b. Bd. 227. S. 397—398.
Wiesner J. Die heliotrophische Erscheinungen im Pflanzenreiche // Denktschr. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1879. Bd. 39. S. 143—209.
Wiesner J. Bemerkungen über Natur des Hypochlorins / Bot. Cbl. 1882a. Bd. 10. S. 260—266.
Wiesner J. Elemente der Wissenschaftlichen Botanik // Bot. Ztg. 1882b. Jg. 40, N 11. S. 178—192.
Wiesner J. Die heliotrophischen Erscheinungen im Pflanzenreiche // Denkschr. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. Abt. 1. 1882c. Bd. 43. S. 1—92.
Wiesner J., Pacher J. Ueber die Transpiration entlaubter Zweige und des Stammes der Rosskastanie // Oesterr. Bot. Ztschr. 1875. N 5. S. 9. (Ref.: Bot. Jahresber. 1876. Jg. 3. S. 767).
Wigand A. Ueber den Sitz der China-Alkaloide // Bot. Ztg. 1862. Jg. 20. S. 137—143.
Wigand A. Lehrbuch der Pharmakognosie. 3. Aufl. B.: Hurschwald, 1879. 447 S.
Wilhelm K. Beiträge zur Kenntniss der Pilzgattung Aspergillus: Inaug. Diss. B., 1877. 70 S. (Ref.: Bot. Jahresber. 1879. Jg. 5. S. 306).
**Will // Pflügers* Arch. 1969. Bd. 2. S. 197.
**Will* // Ibid. 1870. Bd. 3. S. 339.
Wilson. (*Unger F.* 1857. S. 446; *Pfeffer W.* Leipzig, 1881. Bd. 1. S. 176).
Wittich V. Ueber eine neue Methode zur Darstellung künstlicher Verdaungsflüssikeiten // Arch. ges. Physiol. 1869. Bd. 2. S. 193—199.
Wittich V. Weitere Mittheilungen über Verdungsfermente // Ibid. 1870. Bd. 3. S. 339—352.
Witting E. // Henneberg. J. Landwirthe. 1857. Bd. 36. (*Wolff.* 1871. Bd. 1. S. 141).
Witting W. A. E. Beiträge zur Pflanzenchemie // J. prakt. Chem. 1856. Bd. 69. S. 149—186.
Wittstein G. Ch. // Henneberg. J. Landwirthe. 1855. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 125).
Wittstein G. Ch. Entdeckung der Borsäure in Pflanzenreiche // Jahrb. Chem. 1857. Bd. 94.— Idem // Ann. Chem. und Pharm. 1857. Bd. 103. S. 362—364.— Idem // Chem. Cbl. 1857. Bd. 2. S. 528—530.
Wittstein G. Ch. // Chem. Pharm. Cbl. 1858. S. 946. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 143).
Wittstein G. Ch. // Arch. Pharm. Bd. 111.— Idem // Kopp. und Will Jahresber. 1862. S. 511. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 122, 126).
Wittstein G. Ch. Anleitung zur chemische Analysen von Pflanzen und Pflanzentheilen auf ihre organischen Bestandtheile. Nördlingon: Beck, 1868. 355 S.
Wolf W. Die Saussureschen Gesetze der Auffangung von einfachen Salzlösungen durch die Wurzeln der Pflanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 203—230.
Wolf W. Chemische Untersuchungen über das Verhalten von Pflanzen in der Aufnahme von Salzen aus Salzlösungen, welche zwei Salze gelöst enthalten // Ibid. 1865. Bd. 7. S. 193—215.
Wolf W. Das Tyrozin als Stickstofflieferende, Nahrungsmittel bei der Vegetation der Roggenpflanze in wassiger Losung // Ibid. 1868. Bd. 4. S. 13—24.
Wolf W., Knop W. Notiz über die Stickstoffhaltiger Nahrungsmittel der Pflanzen // Ibid. 1865. Bd. 7. S. 463—467.
Wolf W., Zimmermann O. E. R. Beitrage zur Chemie und Physiologie der Pilze. I. Scheiden die Pilze Ammoniak aus? // Oekon. Fortschritte. 1871. S. 236. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. S. 169; Bot. Ztg. 1871. Bd. 29. S. 280—292, 295—300).
Wolff E. Vergleichende chemische Untersuchung der in den Verschiedenen Theilen des

Rosskastanienbaums (Aesculus Hippocastanum) enthalten mineralischen Stoffe // J. prakt. Chem. 1848. Bd. 44. S. 385–487.
**Wolff E.* // Landw. Versuchs-Stat. 1864a. Bd. 6. S. 28.
Wolff E. Entwurf zur Bodenanalyse // Ibid. 1864b. Bd. 6. S. 141–171.
Wolff E. Üppige Vegetation in wässerigen Lösungen der Nährstoffe // Ibid. 1866. Bd. 8. S. 189–215.
Wolff E. Mitt(h)eilungen von der Landwirtschaftlichen Versuchs-Station der K. Akademie Hohenheim // Ibid. 1868. Bd. 10. S. 349–379.
Wolff E. Aschen-Analysen von Land- und forstwirtschaftlichen Producten, Fabrik-Abfallen und Wild wachsenden Pflanzen. B.: Wiegandt und Hempel, 1871–1880. Th. 1. 194 S.; Th. 2. 170 S.
Wolff E. Ueber den Einfluss verschiedener Mengen von Phosphorsäure auf die Entwicklung der Haferpflanze // Tagebl. der 46. Versam. deutscher Naturforscher in Wiesbaden. Wiesbaden. 1873. S. 116. (Ref.: Bot. Jahresber. 1874. Jg. 1. S. 346).
Wolff E. Versuche in Wasserkultur über den Bedarf der Haferpflanze on Stickstoff-Nahrung und Fixen Nährstoffen // Landw. Versuchs-Stat. 1877. Bd. 20. S. 395–398.
Wolff E. Th. Die chemische Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur und Pflanzenphysiologie. Leipzig, 1847.
Wolkoff A. Einige Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes von verschiedener Intensität auf die Ausscheidung der Gase durch Wasserpflanzen // Jahrb. wiss. Bot. 1867. Bd. 5. S. 1–30.
Wolkoff A. Die Lichtabsorption in den Chlorphyllösungen. Heidelberg: Winter, 1876. 295 S.
Wolkoff A., Mayer A. Beitrage zur Lehre über die Atmung der Pflanzen // Landwirtsch. Jahrb. 1874. Bd. 13. S. 481–527.
Wortmann J. Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen (1879) // Arb. bot. Inst. Würzburg. 1882. Bd. 2. S. 500–520.
Wulfert H. Ueber die Bestimmung der Salpetersäure bei Gegenwart organischer Substanzen // Landw. Versuchs-Stat. 1869. Bd. 12. S. 164–184. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1870. Jg. 11. S. 22).
Wunder G. Ueber die Zusammensetzung der Turnipspflanze (Brassiea rapa depressa DC) in Verschiedenten Perioden ihrer Vegetation // Ibid. 1861. Bd. 3. S. 18–30.
Würtz Ch. A., Bouchut E. Sur le ferment digestif du Carica papaya // C. r. Acad. sci. 1879. T. 89. P. 425–429.
Zacharias E. Ueber die chemische Beschaffenheit des Zellkerns // Bot. Ztg. 1881. Jg. 39, N 11. S. 69–184.
Zenger H. A hitherto neglected source of jodine: Jodine and bromidl in fresh-water plants // Arch. Pharm. Ser. 3. 1875. T. 6. P. 137. (Ref.: Jahresber. Agr. Chem. 1875. Jg. 14/15. S. 175).
Zöller Ph. Untersuchungen des Pflanzenphysiologischen Institut in München // Landw. Versuchs-Stat. 1864. Bd. 6. S. 231–238.
Zöller Ph. Ueber Ernährung und Stoffbildung der Pilze // J. Landwirtsch. F. 2. 1871. Bd. 6, H. 3. S. 284–289.
Zöller Ph. Ueber Ernährung und Stoffbildung der Pilze // Sitzungsber. Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Cl. Wien. 1874. 9. Juli. (Ref.: Bot. Jahresber. 1875. Jg. 2. S. 213).
Zschiesche H. Analysen von Pflanzenaschen: Rhizom von Nymphaea alba Linn und Elodea Canadensis Michaux // J. prakt. Chem. 1864a. Bd. 91. S. 332–335.
Zschiesche H. // Peters Jahresber. 1864b. S. 97. (*Wolff.* 1871. Bd. I. S. 133).

А. Ф. Клешнин, Б. П. Строгонов

А. С. ФАМИНЦЫН И СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Физиология растений сформировалась в XVIII—XIX вв. Ее возникновение относится к концу XVII столетия и связано с первыми точными опытами Ван-Гельмонта по питанию растений (Van Helmont, 1670). Ее становление и развитие обусловлено успехами химии и физики, методами которых она пользовалась. Ее первые шаги совершались под влиянием идей Ньютона (1643—1727) и Лавуазье (1743—1794). В XVIII в. закладываются основы водного режима растений (Hales, 1731; Duhamel du Monceau, 1758); совершается открытие фотосинтеза (Pristley, 1779; Ingenhousz, 1779; Senebier, 1782, 1783, 1788) и дыхания растительных организмов (Scheele, 1777); в это же время появляется само название новой науки — физиология растений (Senebier, 1783, 1791). Ее первые шаги совершались в недрах ботаники.

В XIX в. физиология растений выделяется в самостоятельную отрасль знания (Senebier, 1800; Фаминцын, 1861; Sachs, 1865) со своими подходами, методами исследования и организационными формами в виде лабораторий, университетских кафедр и учебных курсов. Экспериментальная ботаника превратилась в физиологию растений — систему знаний о внутренних процессах растительных организмов: обмене веществ, превращении энергии и становлении формы. Этот период от юности к зрелости происходит как раз на рубеже двух столетий и знаменуется выходом в свет первой монографии по физиологии растений — J. Senebier «Physiologie vegetale» (1800). Последующее развитие новой науки связано с деятельностью таких корифеев, как Т. Соссюр (Saussure, 1804), Ж. Б. Бусенго (Boussingault, 1843—1844, 1860—1887), Ю. Сакс (Sachs, 1865, 1868, 1882), Ю. Либих (Liebieg, 1840) и др.

Становление физиологии растений в нашей стране связано с деятельностью А. С. Фаминцына (1835—1918) и К. А. Тимирязева (1843—1920). Роль Тимирязева в развитии нашей науки хорошо известна, значение Фаминцына известно значительно меньше. Более того, последний долгое время числился андидарвинистом, виталистом и сторонником панпсихизма, хотя ни тем, ни другим, ни третьим он не был.

Андрей Сергеевич Фаминцын родился 17(29) июня 1835 г. в Сокольниках (Москва) в семье военного. Фаминцыны — старый дворянский род, корни которого уходят в Шотландию. Основатель рода — Х.-Т. Томсон, шотландский дворянин, в XVI в. покинул родину и в чине подполковника служил польскому королю; его правнук Парфений Хоминский в 1654 г. выехал в Россию, перешел в православие и принял имя Ивана Фаминцына.

Детские годы А. С. Фаминцын провел в деревне, в имении отца с. Алешино Калужской губернии. Получив хорошее домашнее воспита-

ние, поступил в 3-ю Петербургскую гимназию (1847—1853), а затем на естественное отделение физико-математического факультета Петербургского университета (1853—1857), который окончил со степенью кандидата.

Подготовку к профессорскому званию проходил в Германии (1858—1860), где работал в лабораториях Г. И. Кирхгофа, Р. Бунзена и в Высшей винодельческой школе у профессора Г. Л. Бабо (Фрейбург—Бреслау).

После защиты магистерской диссертации — старший преподаватель Петербургского университета, где с 1861 г. читает курс физиологии и анатомии растений.

А. С. Фаминцын скончался 8 декабря 1918 г. на 84 году жизни, похоронен на Смоленском кладбище в Ленинграде.

А. С. Фаминцын — ученик Л. С. Ценковского, первый русский ботаник, посвятивший свою жизнь физиологии растений, основоположник русской школы физиологии растительных организмов. Его значение и заслуги в развитии этой науки в нашей стране трудно переоценить. Он первый начал читать курс по физиологии и анатомии растений (Петербургский университет, 1861); он основатель первой университетской кафедры физиологии и анатомии растений (Петербург, 1865), первой академической лаборатории этих наук (Петербург, 1890); он автор первой монографии (1883) и первого учебника по физиологии растений (1887); он первый магистр (1861) и первый доктор ботаники (1865), создавший свои диссертации на биохимическом и физиологическом материалах; он первый в России занялся популяризацией физиологических знаний перед широкими кругами русской интеллигенции, прочитав в Вольном экономическом обществе первую лекцию о питании растений (1867); он инициатор первого периодического издания по физиологии растений «Трудов Ботанической лаборатории Академии наук» (1891—1914); он первый академик — физиолог растений (1891); наконец, он первый профессор физиологии растений (1867), воспитавший целую плеяду учеников, многие из которых стали гордостью русской науки (О. В. Баранецкий, И. П. Бородин, А. Ф. Баталин, С. И. Виноградский, Д. И. Ивановский, К. А. Тимирязев). Подавляющее большинство физиологов растений второй половины XIX в. и наших дней — в сущности либо ученики Фаминцына, либо ученики его учеников. Таким образом, прямое или косвенное влияние Фаминцына на формирование и развитие отечественной физиологии и биохимии растений весьма велико и шло в самых различных направлениях.

Прежде всего это личный вклад ученого во многие направления науки. Первая большая работа А. С. Фаминцына — его магистерская диссертация «Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда» (1861). Она интересна по меньшей мере в двух отношениях.

1. *Положение о несводимости физиологических процессов к физическим и химическим явлениям*; в этой связи автор неосторожно использует старый термин «жизненная сила», вкладывая в него, правда, необыч-

ное содержание, лишенное мистического начала. По мнению Фаминцына, это особая сила, подобная силе кристаллообразования, характерная для целостного организма. Это то, что в наши дни с появлением кибернетики получило наименование системного явления — нового качества, в основе которого лежит информация; оно широко применяется во многих научных направлениях, имеющих дело с большими и сложными системами. Этого принципа придерживались и ученики А. С. Фаминцына — О. В. Баранецкий и Д. И. Ивановский.

Вообще говоря, проблема витализма нуждается в пересмотре, исходя из идей теории информации, кибернетики и общей теории систем. Организм — большая и сложная кибернетическая система, которая характеризуется индивидуальностью, самосохранением, автономностью поведения и развитием. Одни исследователи, тяготеющие к идеализму, объясняют это своеобразие организмов наличием «жизненной силы», стоящей над косной материей и имеющей божественное происхождение. Это — виталисты в точном смысле слова.

Ученые, мыслящие стихийно материалистически, но понимающие, что законы жизни нельзя просто свести к законам физики и химии, вынужденно прибегают к термину «жизненная сила», вкладывая в него, однако, другой, материалистический смысл. Об этих «виталистах» в свое время хорошо сказал В. И. Вернадский, что витализм — это здоровая реакция биологов, протестующих против чрезмерного увлечения механицистов-биологов химией и физикой. Это — результат незнания законов материалистической диалектики. Законы жизни выводятся из законов физики и химии, но не сводятся к ним.

2. *Динамический подход к изучению физиологических явлений.* Химическая физиология начала XIX в. сводилась в основном к изучению химического состава растений. Фаминцын рассматривает физиологическое явление как процесс, протекающий по определенным законам во времени и пространстве (пример — созревание винограда, характеризуемое уменьшением содержания органических кислот и накоплением сахаров). Этот принцип положил начало основанию динамической биохимии и лег в фундамент методики любого современного физиологического исследования.

Докторская диссертация А. С. Фаминцына «Действие света на водоросли и некоторые близкие к ним организмы» (1866) и другие исследования, связанные с нею единством методики (применение искусственного света), вызвали к жизни многие направления физиологии растений, которые успешно развиваются в нашей стране и сегодня.

1. *Светокультура и светофизиология растений.* Использование искусственных источников радиации (в опытах Фаминцына — это керосиновый фонарь) оказалось важным методическим принципом, освободившим физиологические исследования от сезонной зависимости и создавшим возможность поддержания константных условий эксперимента. В конечном итоге это создало важное направление в физиологии растений, вызвало к жизни большую литературу (Harvey, 1922; Максимов, 1925; Мошков, 1953; Леман, 1961; Клешнин, 1954, 1960) и в наши дни завер-

шается созданием мощных фитотронов, развитием новых подходов в растениеводстве, селекции, космонавтике и ... светотехнике.

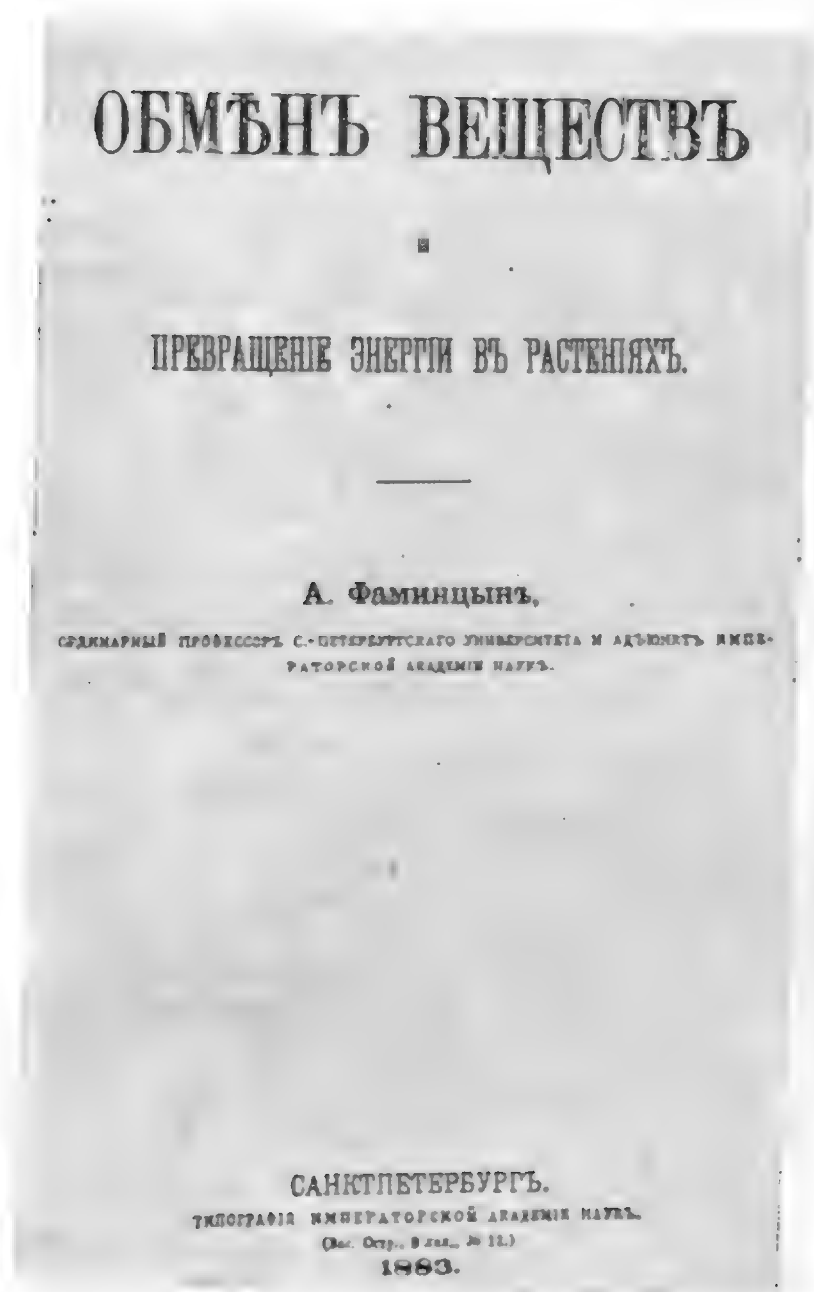
2. *Физиология водорослей и других микроорганизмов.* Использование микроводорослей при решении некоторых физиологических проблем значительно расширило методические возможности в физиологии и биохимии растений, позволило миниатюризировать эксперимент, что, в свою очередь, повысило точность исследования. Многие современные проблемы — фотосинтез, биоэнергетика, поступление веществ в клетку и др.— решались и решаются при помощи микроводорослей. Интерес к этой проблеме привел А. С. Фаминцына и О. И. Баранецкого к открытию двойственной природы лишайников (1867), что совершенно преобразило лихенологию. Культура хлореллы в наши дни приобрела практическое значение.

3. *Структура и функции хлорофиллового зерна.* Исследование этой проблемы Фаминцыным началось с изучения зеленения растений и передвижения хлоропластов (1866, 1868) и завершилось концепцией о симбиогенезе растительной клетки и роли симбиоза в эволюции организмов (1907). На примере названной проблемы хорошо видна приемственность в изучении вопроса учениками и последователями Фаминцына. К. А. Тимирязев (1871): спектральный анализ хлорофилла; И. П. Бородин (1870): фототаксис хлоропластов; В. Н. Любименко (1914): содержание пигментов в растении; Д. И. Ивановский (1910—1914): состояние хлорофилла в живом листе; М. С. Цвет (1901, 1910): физико-химическое состояние хлорофиллового зерна; Т. Н. Годнев (1952): биогенез хлорофилла.

Проблема симбиогенеза растительной клетки — актуальнейшая проблема физиологии растений и эволюция организмов, активно обсуждаемая в наши дни (Margulis, 1970, 1983).

4. *Фотосинтез, спектральный состав и интенсивность излучения.* Эта проблема поставлена Фаминцыным при изучении движения хлоропластов и образования крахмала в клетках (Фаминцын, 1866; Прянишников, 1887). Было установлено при этом, что сине-фиолетовые лучи выполняют регуляторные функции, влияя на движение хлоропластов, а оранжево-красные лучи несут энергию, идущую на образование крахмала; было высказано также положение, что всякий физиологический процесс, зависящий от лучистой энергии, нуждается в некотором оптимальном количестве ее.

Вскоре в решение вопросов, поставленных Фаминцыным, включился К. А. Тимирязев (1868, 1875, 1889, 1903), который показал, что максимум фотосинтеза действительно лежит в области оранжево-красных лучей, а сам фотосинтез подчиняется закону сохранения энергии; зависимость интенсивности фотосинтеза от количества лучистой энергии Тимирязев выразил в виде кривой, носящей экспоненциальный характер и оказавшейся типичной для всех энергоемких физиологических процессов, если интенсивность радиации не превышает солнечную. В тех случаях, когда свет выполняет лишь регуляторную функцию и действует, следовательно, при незначительной интенсивности, кривая в соответствии с предположениями Фаминцына носит экстремальный характер.



ОБМѢНЪ ВЕЩЕСТВЪ

и

ПРЕВРАЩЕНІЕ ЭНЕРГІИ ВЪ РАСТЕНІЯХЪ.

А. Фаминцынъ,

САНКТПЕТЕРБУРГЪ.

1883.

Титул первого издания книги А. С. Фаминцына «Обмен веществ и превращение энергии в растениях».

В наши дни проблема качества света и интенсивности радиации вышла далеко за пределы фотосинтеза и исследуется во многих областях физиологии растений (рост, развитие, фототаксис, фототропизм, фотопериодизм и другие).

Фотосинтез — другой пример последовательного и преемственного развития проблемы, начатой Фаминцыным, в нашей стране, К. А. Тимирязев (1875): энергетика фотосинтеза; С. П. Костычев (1920—1930), В. М. Любименко (1935), Л. А. Иванов (1946): экология фотосинтеза; В. П. Храповицкий (1887), В. С. Сапожников (1895): фотосинтез белка; А. А. Ничипорович (1955): разнокачественность фотосинтеза.

Крупнейшим событием в истории отечественной физиологии и биохимии растений был выход в свет монографии А. С. Фаминцына «Обмен веществ и превращение энергии в растениях» (1883). На основе этой монографии вскоре был создан «Учебник физиологии растений» (1887), положивший начало серии учебников (Палладин, 1891; Ротерт, 1891; Лепешкин, 1912—1913; Ивановский, 1919; Костычев, 1924, 1931; Максимов, 1927; Иванов, 1931; Рубин, 1955). С этого времени физиологи нашей страны учатся только по отечественным учебникам физиологии растений.

Центральная идея монографии — биохимическое единство растительного и животного мира, обусловленное единством происхождения. Эта идея была высказана Фаминцыным еще в 1860 г.; особенно обстоятельно она была развита Ю. Саксом (1865), Гоппе-Зейлером (1877) и К. Бернаром (1878) и не была, следовательно, новой к моменту выхода монографии. Но существовала и другая, диаметрально противоположная точка зрения, защищаемая не менее авторитетными учеными (Duma et Boussingault, 1844; Huxley, 1868; Tindall, 1863, 1864; Gilbert, 1881). Выход монографии Фаминцына был поэтому и своевремен и актуален.

Для советского читателя монография интересна еще и тем, что в ней была представлена, в сущности говоря, вся физиология растений того времени (за исключением проблем устойчивости и развития растений, которых тогда попросту не существовало). Интересна она и тем, что в ней широко использовалась русская литература, которая обычно отсутствовала в зарубежных изданиях.

В основу исследования А. С. Фаминцын кладет проблему питания. Питание он расчленяет на два самостоятельных процесса: синтез органических веществ (фотосинтез), характерный лишь для зеленых растений, и использование органических соединений на создание организационных структур растений или животных за счет энергии дыхания, общей для всех организмов.

Для обоснования этого положения Фаминцын привлекает огромный фактический материал, относящийся к самым различным разделам физиологии растений (прорастание семени, питание бактерий и грибов, паразитов и насекомоядных растений, отдельно зеленых и незеленых частей растения и т. д.).

В монографии попутно ставится много других вопросов — световое дыхание, единство процессов брожения и дыхания, связь между ростом и дыханием, своеобразие газообмена суккулентов и др. Одни из них позднее были решены, другие ждут еще своего решения.

Выход монографии и учебника А. С. Фаминцына — показатель зрелости русской физиологии растений, которая во второй половине XIX в. сформировалась в самостоятельное направление мировой науки со своими проблемами, подходами и концепциями.

Чтобы полностью осветить вопрос о значении Фаминцына в развитии отечественной физиологии растений, необходимо сказать несколько слов о роли его учеников.

О К. А. Тимирязеве мы уже говорили. Добавим к сказанному, что вопрос о его отношении с Фаминцыным не относится к простым и нуждается в специальном анализе.

О. В. Баранецкий (1843—1905) — ученик и сотрудник Фаминцына, один из основателей украинской школы фитофизиологов, автор исследования «О плаче растений» (1872), положившего начало физиологии водного режима в нашей стране.

С именем А. Ф. Баталина (1847—1896) связано начало солеустойчивости (1872) и физиологии движения растений (1875), с именем И. П. Бородина (1847—1930) — изучение дыхания растительных организмов (1876), а с именем Д. Н. Нелюбова (1866—1926) — исследование гормонов растений (1901).

Мировое признание имеют исследования Д. И. Ивановского (1864—1920) — основателя вирусологии (1892—1893), М. С. Цвета (1872—1919) — создателя метода хроматографии (1901—1910) и С. Н. Виноградского (1856—1953) — ученого, открывшего хемосинтез (1887).

А. С. Фаминцын — своеобразный и глубокий мыслитель, научные интересы которого выходили далеко за пределы ботаники и физиологии растений. Его «опытно-философское» мировоззрение никак не укладывалось в тот круг философских идей, которых придерживалось большинство естествоиспытателей второй половины XIX — начала XX в.

Среди европейских ученых в это время господствовали либо откровенный идеализм, граничащий с поповщиной, либо философский позитивизм или махизм, тянувшие как в сторону ползучего эмпиризма, так и агностицизма.

В своем главном философском произведении «Современное естествознание и психология» (1898), несмотря на отдельные ошибки и терминологическую путаницу, А. С. Фаминцын выступает перед нами как последовательный материалист, признающий существование внешнего мира, независимого от нашего сознания, и его познаваемость. Особое внимание ученый уделяет здесь вопросам гносеологии. Строго и последовательно он доказывает познаваемость мира, исходя из совершенствования измерительной техники, развития логики, математики и теории биологической эволюции. По мнению ученого, развитие и совершенствование экспериментальной техники, мыслительного аппарата и органов чувств — надежная гарантия того, что мир познается правильно не только внешне, но и по внутренней сущности. Природа в процессе эволюции не зря совершенствовала органы чувств и центральную нервную систему животных и человека. Критерием совершенства здесь была адекватность познания внешнему миру.

К сожалению, философская работа А. С. Фаминцына прошла мимо внимания философов-марксистов и до сих пор всерьез не проанализирована, хотя она хорошо согласуется с теорией познания В. И. Ленина (Урманцев, 1981).

Вторая половина XIX в.— время триумфального шествия дарвинизма, время борьбы за дарвинизм. В России на этом поприще выдвинулись такие имена, как братья Ковалевские, К. А. Тимирязев и др. Не последнюю роль в развитии дарвинизма играл и А. С. Фаминцын. Достаточно назвать его актовую речь в Петербургском университете «Дарвин и его значение в биологии» (1874), его выступление в «Вестнике Европы» — «Данилевский и дарвинизм. Опровергнут ли дарвинизм Данилевским?» (1889), серию его статей «О роли симбиоза в эволюции организмов» (1907, 1912, 1916).

А. С. Фаминцын был активным сторонником дарвинизма. Влияние идей эволюционного учения беспрерывно чувствуется при чтении его монографии и учебника по физиологии растений. Его идея о единстве биохимических процессов всего органического мира — мощная поддержка учения Дарвина. Его защита эволюционного учения носила спокойный академический характер, без лишних эмоций и резких выражений; некоторые положения дарвинизма воспринимаются им критически. Это относится, в частности, к проблеме усложнения организмов в процессе эволюции; по мнению А. С. Фаминцына, возрастание сложности строения организмов не вытекает из учения о естественном отборе: «более совершенный» не значит «более сложный». Над этим задумывался сам Дарвин, позднее много работал А. Н. Северцов. А. С. Фаминцын считал, что одним из путей эволюции в этом направлении является симбиогенез.

В 1861 г. на Васильевском острове Петербурга, в Тучковом пер., 1, в квартире старшего преподавателя Петербургского университета А. С. Фаминцына была оборудована скромная лаборатория — первая лаборатория физиологии растений в России, которой было суждено сыграть исключительную роль в развитии этой науки: здесь родилась рус-

ская физиология растений. Позднее она стала лабораторией Академии наук (1890), потом была переведена в Москву и стала Институтом физиологии растений АН СССР (1935).

Первоначально в ней трудился один человек — хозяин квартиры, затем, после организации академической лаборатории,— 2 человека, сейчас же в Институте физиологии растений свыше 500 человек. Первоначальная продукция лаборатории составляла 1—2 печатные работы в год, сейчас только в результате работ сотрудников Института физиологии растений — свыше 200.

Так в середине прошлого столетия в России возникла физиология растений. У ее истоков стоял А. С. Фаминцын. Так она росла — трудами его учеников. И сейчас, когда советская физиология растений — зрелая самостоятельная отрасль мировой науки, нам не следует забывать того, кто заложил ее основы. Ибо «каждая нация должна знать тех, кем она справедливо гордится» (Вотчал, 1908).

КОММЕНТАРИИ [1]

Книга написана А. С. Фаминцыным более 100 лет тому назад. Это вынуждает дать некоторые комментарии к ее тексту, обратив внимание читателя на устаревшие термины, концепции и идеи. Такой способ позволяет сохранить текст основного издания неизменным и при этом избежать архаических элементов, которые должны в нем присутствовать.

Не следует забывать, что книга написана А. С. Фаминцыным лишь через полвека после описания первых органических соединений. Методы биохимии того времени не позволяли выделить и очистить большинство органических соединений, а значит, и дать им четкую химическую характеристику. Поэтому терминология, взятая автором из области органической химии, выглядит наиболее устаревшей.

Видимо, целесообразно дать в комментариях и общую характеристику каждой главы, в которой необходимо сказать не только об устаревших положениях, но подчеркнуть и то оригинальное, что автор сумел обнаружить при анализе собственных данных, экспериментов своих учеников и других исследователей. Например, для историков науки будет интересно узнать, что А. С. Фаминцын еще 100 лет назад рассматривал дыхание не как «биологическое горение», а как биохимический процесс, участвующий в биосинтезе органических веществ. Аналогичного рода научное предвидение касается и процесса фосфоресценции (см. главу II).

В ряде случаев А. С. Фаминцын не только анализирует современное состояние науки, но и предсказывает пути ее дальнейшего развития. Это касается, например, роли качества света в образовании хлорофилла – тема, развитая впоследствии К. А. Тимирязевым. Критическая оценка экспериментальных данных и выводов из них приводит Фаминцына во многих случаях к отрицанию современных ему представлений. Наиболее ярко это проявляется при обсуждении фиксации азота небобовыми растениями или использования гумуса в биосинтезе крахмала.

В целом комментарии к книге А. С. Фаминцына несут на себе функцию не столько интерпретаторов текста, сколько справочно-информационного материала. При этом во избежание многочисленных повторений пояснение устаревших и вышедших из употребления терминов приводится при первом их упоминании.

ГЛАВА I

Глава посвящена химическому составу растений. В ней рассматриваются органические и неорганические соединения, обнаруженные у различных представителей растений. Автор последовательно излагает сведения о распространении, составе и свойствах отдельных химических соединений, после чего переходит к описанию их внутриклеточного и межтканевого распределения. Такой способ изложения вызывает неизбежные повторения. Сопоставление материалов монографии с современными представлениями может быть резюмировано следующим образом.

Наименования и эмпирические формулы углеводородов, жирных кислот, одно- и многоатомных спиртов и углеводов, дубильных веществ в большинстве случаев совпадают с современными. Отдельные термины, которые автор использует в качестве наименований индивидуальных соединений, в настоящее время вышли из употребления, а эмпирические формулы некоторых соединений не соответствуют современным. Структурные формулы органических соединений не рассматриваются, однако

---

[1] Составлены доктором биологических наук В. И. Кефели и кандидатом биологических наук Н. А. Приступой.

проводится четкое различие ароматических и алифатических соединений, отмечается близость отдельных соединений, например винилбензола и пропилбензола, метилпротокатеховой, фенилакриловой кислоты и т. д.

Эмпирические формулы углеводов (моноз, сахарозы, крахмала, инулина) совпадают с современными, так же как и представление о двух фракциях крахмала, гранулезе и крахмальной клетчатке, которые находят полную аналогию в амилозе и амилопектине. Несмотря на определенные сведения относительно освобождения глюкозы при гидролизе крахмала и клетчатки, отсутствуют даже предположения о возможности полимерной природы этих соединений. Инулину ошибочно приписывается способность к восстановлению фелинговой жидкости и образованию глюкозы в процессе гидролиза.

Из аминокислот автор перечисляет только аспарагин, лейцин, тирозин, фенилаланин, глютаминовую и аспарагиновую кислоты. Белки Фаминцын относит к группе «индифферентных» соединений, в которую он включает также «нуклеин» и пектиновые вещества; описаны некоторые качественные реакции на белок, часть которых сохранила значение до настоящего времени. Приемы фракционирования растительных белков по их растворимости в воде, слабых растворах солей, кислот, щелочей и спирта легли в основу их современной классификации, однако большинство приводимых автором обозначений (растительные казеины, глютен, фибрин, муцедин) не употребляются в настоящее время, а термины «виттелин» и «миозин» используют в ином значении. Близки к современному пониманию термины «альбумин» и «глобулин» с учетом постепенного перехода между этими двумя группами; фракции растительных казеинов и клейковины соответствуют глютелины и проламины. Сведения об аминокислотном составе белков имеют крайне неопределенный характер. Для «нуклеина» приводится лишь его эмпирическая формула, не учитывающая его полимерной природы.

В описании внутриклеточного распределения органических веществ значительное внимание уделяется реакциям окрашивания крахмала, целлюлозы, одревесневших клеточных оболочек, дубильных веществ, смол и жиров. Большинство перечисленных реакций находит применение и в настоящее время. При анализе содержимого клетки только упоминается о наличии белковых веществ в цитоплазме, довольно подробно обсуждается роль хлоропластов и бесцветных пластид в образовании крахмальных зерен. С помощью совокупности малоспецифических реакций показано присутствие «нуклеина» в ядрах клеток некоторых растений. Очень подробно описаны видоизменения клеточной оболочки, различные случаи ее одревеснения, ослизнения, морфология восковых отложений.

Большое место занимает также описание строения и состава запасных веществ семени, процедуры выделения алейроновых зерен и разделения их на белковые вещества и глобоиды, приведена подробная характеристика состава млечного сока, распределения алкалоидов и дубильных веществ в тканях растений.

В разделе, посвященном минеральным элементам, около 40% объема занимает цифровой материал, на основании которого сделаны выводы относительно сходства минерального состава растений и специфики систематических групп, о распределении золы в отдельных органах растений. Сведения о внутриклеточной локализации неорганических соединений ограничиваются кремнеземом, описанием кристаллических отложений углекислого и щавелевокислого кальция, а также моделированием условий образования этих кристаллов.

[1*] Соединение с этим названием в современной литературе не приводится. По источнику получения может соответствовать цитралю.

[2*] Соединение с этим названием в современной литературе не приводится.

[3*] В настоящее время употребляется только термин «абиетиновая».

[4*] Соответствует, по-видимому, линоленовой кислоте, содержащей, однако, 18 атомов углерода.

[5*] Пентаоксициклогексан с эмпирической формулой $C_6H_{12}O_5$.

[6*] Синоним глюкозы.

[7*] Синоним фруктозы.

[8*] Один из фруктанов. Отличается от инулина отсутствием вращения плоскости поляризованного света. В современной литературе термин не используется.

[9*] Устаревший синоним раффинозы.
[10*] Мелецитоза.
[11*] В настоящее время основная часть аравийской камеди известна под названием арабоновой кислоты.
[12*] Соединения с этими названиями в современной литературе не приводятся.
[13*] Смолообразное вещество, получаемое из коры.
[14*] Соединение с данным названием в современной литературе не приводятся.
[15*] Соединения с этими названиями в современной литературе не приводятся.
[16*] Термин «амидо» автор использует для обозначения как амино-, так и амидогрупп (ср. аспарагин).
[17*] Современная эмпирическая формула $C_{14}H_{17}NO_6$.
[18*] Современная эмпирическая формула $C_{15}H_{10}O_7$.
[19*] Современная эмпирическая формула $C_{22}H_{22}O_{11}$.
[20*] Современная эмпирическая формула $C_{19}H_{21}NO_3$.
[21*] Современная эмпирическая формула $C_{21}H_{23}NO_5$.
[22*] Современная эмпирическая формула $C_{21}H_{19}NO_5$.
[23*] Современная эмпирическая формула $C_{20}H_{19}NO_5$.
[24*] Современная эмпирическая формула $C_{19}H_{22}NO_2$.
[25*] Современная эмпирическая формула $C_{27}H_{39}NO_3$.
[26*] Современная эмпирическая формула $C_{20}H_{19}NO_5$.
[27*] Современная эмпирическая формула $C_{34}H_{47}NO_{11}$.
[28*] Современная эмпирическая формула $C_{17}H_{23}NO_3$.
[29*] Современная эмпирическая формула $C_{34}H_{17}NO_9$ или $C_{33}H_{45}NO_9$.
[30*] Соединение с данным названием в современной литературе не приводится.
[31*] Современная эмпирическая формула $C_{22}H_{25}NO_6$.
[32*] Современная эмпирическая формула $C_8H_{17}N$.
[33*] Соединение с данным названием в современной литературе не приводится.
[34*] Синоним метиламина.
[35*] Современная эмпирическая формула $C_9H_2NO_2$.
[36*] Современная эмпирическая формула $C_{16}H_{25}O_6N$.
[37*] Современная эмпирическая формула $C_{29}H_{40}N_2O_4$.
[38*] В современной классификации белков термин «растительные казеины» не используется.
[39*] Соответствует проламинам.
[40*] Очевидно, неточность. Следует читать «альбумины».
[41*] По современной классификации, относится к растительным глобулинам.
[42*] В современной классификации белков термины «конглутин», «глутен-казеин» не используются.
[43*] В современной классификации белков термины «глутен-фабрин», «муцедин» не используются.
[44*] Синоним – гентизин.
[45*] В современной литературе соединения с данными названиями не приводятся.
[46*] По источнику получения может соответствовать елатерину.
[47*] В современной литературе соединения с этими названиями не приводятся.
[48*] Современная формула $C_{13}H_{34}O_{13}$.
[49*] В современной литературе соединения с этими названиями не приводятся.
[50*] Устаревшие наименования амилозы и амилопектина соответственно.
[51*] По локализации и растворимости соответствует сумме нуклеиновых кислот.
[52*] Очевидно, прорастающие пыльцевые зерна.
[53*] Вместилища экскретов.
[54*] По современной терминологии, древесинные волокна.
[55*] Инвертного.
[56*] Выделяется.
[57*] Отдельные особи.

ГЛАВА II

Глава открывается обстоятельной вводной частью, в которой автор излагает свой взгляд на проблему ассимиляции углерода при фотосинтезе (синтез органических соединений) и на утилизацию пластических веществ (переработка в организованные образования – клетки, ткани и органы). Особо следует указать на эволюционный подход автора, который отмечает не только различие в типах питания растений и животных, но обнаруживает и поразительное сходство в биохимических процессах, ведущих к образованию белков, жиров и углеводов у этих организмов. Автор пишет: «Химические превращения, при посредстве которых происходит переработка пластического материала в организованные образования, совершенно не зависит от того, вырабатывает ли сам организм вещества, необходимые для построения его тела, или заимствует он их извне».

Проблема питания растений, таким образом, разбивается А. С. Фаминцыным на две фазы: 1) синтез и 2) переработка органических веществ. Характерно, что, исходя из единства элементов питания, необходимых для нормального синтеза растений, А. С. Фаминцын не ставит четкого барьера между корневым питанием и фотосинтезом. Он полагает, что «синтез органических соединений из простейших минеральных составляет характерную особенность питания большинства растений».

Глава строится по принципу усложнения тканевых и органных структур растительного организма. Она начинается с описания процесса прорастания семян и питания растений на этом этапе. Затем следуют разделы: «Питание лиственных побегов», «Питание ствола, ветвей и корней», «Питание цветов и плодов». Два последних раздела посвящены питанию паразитов, насекомоядных растений, а также грибов и бактерий.

Такой широкий подход к проблеме позволил А. С. Фаминцыну использовать для описания процессов ассимиляции и диссимиляции объекты разной степени эволюционной продвинутости: дрожжи, водоросли, цветковые растения. Физиологические процессы, наблюдаемые в растении, описаны с учетом данных, полученных с помощью цитологии, анатомии, микробиологии, органической химии и ряда других дисциплин, часть которых во времена Фаминцына еще только начинали развиваться.

Разбираются вопросы, сохранившие актуальность и в настоящее время: генетическая стабильность клетки и ткани, связь между дыханием и ростом, соотношение путей анаэробного (интрамолекулярного) и аэробного дыхания, мобилизация запасных веществ, дыхание растения на свету, фоторегуляция роста и развития. К числу этих проблем принадлежат также соотношение между транспортом веществ и отложением их в запас, соотношение теплообмена и дыхания, биохимические основы люминесценции.

В целом в главе представлена фактически вся физиология и биохимия воздушного питания растений, включая разделы фотосинтеза, транспорта, запаса, дыхания и роста.

Подробное описание деталей инструментального оснащения эксперимента в ряде случаев нарушает последовательность изложения научных концепций, передавая в то же время картину научного поиска как самого Фаминцына, так и его современников. Будучи широко эрудированным исследователем, автор сопоставляет идеи отечественных ученых – Бородина, Баранецкого, Баталина, Роттерта, а также собственные работы с данными зарубежных авторов, и прежде всего с работами Пастера, Либиха, Соссюра, Сакса, Бусенго.

Завершается глава обсуждением роли дыхания растений, т. е. обмена газов, который сопровождает построение организованных образований: клеток, тканей, органов растений из «пластического материала». Такая постановка вопроса о дыхании как о биохимическом процессе, участвующем в биосинтезе органических веществ, является, несомненно, прогрессивной и дальновидной. Ведь 100 лет назад еще не были изжиты представления о дыхании как о «биологическом» горении и т. д. Еще один существенный аспект биологической активности, тесно связанный с дыханием, подчеркивался Фаминцыным особо. Имеется в виду фосфоресценция живых растительных организмов. Автор считает, что свечение тесно связано с жизненными отправлениями растений и зависит от присутствия кислорода.

1* Вместилище запасных отложений семени, эндосперм.

2* Бесклеточный препарат, обладающий каталитической активностью (в отличие от живого организма — возбудителя брожения, обозначаемого в тексте «организованный фермент»).

3* Синильная.

4* Соответствует аминокислотам. Приведенные эмпирические формулы не дают возможности сопоставить эту группу веществ с изученными в настоящее время соединениями.

5* Автор обозначает этим термином все монокарбоновые аминокислоты алифатического ряда, а также использует его в качестве наименования индивидуального соединения.

6* Эмпирические формулы не дают возможности сопоставить эту группу веществ с изученными аминокислотами.

7* По-видимому, фенилаланин.

8* Ароматические аминокислоты с пятиуглеродной боковой цепью в современной литературе не описаны.

9* Белковые вещества.

ГЛАВА III

В этой главе рассматриваются особенности синтеза органических веществ автотрофными и гетеротрофными растениями.

Вначале описано образование органических веществ в проростках высших растений, находящихся в темноте. Вслед за Ж. Буссенго А. С. Фаминцын вводит понятие предельных растений, т. е. тех, которые способны развиваться вплоть до цветения в темноте за счет запасных веществ семени. Особое внимание автор уделяет корневому питанию и синтетической деятельности корней как непосредственным участникам в биосинтезе органических веществ. Рассматривается возможность замены почвы искусственными субстратами или питательными растворами. Внимательно разбирается концепция симбиоза ризосферных микроорганизмов с высшим растением. При этом детально описывается возможный вклад ризосферы в синтез органических веществ.

Синтез органических веществ листьями (фотосинтез), протекающий на свету, составил предмет обсуждения самостоятельного раздела. Автор характеризует процесс фотосинтеза, отмечая роль света, его интенсивности и продолжительности как фактора, определяющего активность синтеза органического вещества листом. Важно, что этот раздел содержит описание собственных экспериментов А. С. Фаминцына, а также работ современных ему отечественных физиологов: И. П. Бородина, К. А. Тимирязева, А. Н. Волкова и др.

Фаминцын скептически рассматривает концепцию Виля о фиксации азота небобовыми растениями, тем самым четко определяя специфику фиксации азота клубеньками бобовых растений.

Особенное внимание уделяется фотозависимым биосинтезам таких веществ, как крахмал, хлорофилл, липиды. При этом автор описывает роль качества света в образовании хлорофилла. Характерно, что еще не завершены основные работы в этой области, выполненные впоследствии К. А. Тимирязевым, но необходимость постановки таких исследований для А. С. Фаминцына очевидна.

К числу нефотозависимых реакций биосинтеза органических веществ автор относит образование аминокислот, белков, хотя и указывает, что для их биосинтеза необходимо участие углеводов. Специальный раздел главы посвящен питанию водорослей.

В целом проблема биосинтеза органических веществ изложена А. С. Фаминцыным с учетом новейших для его времени достижений биологии и химии. Автор обладает высокоразвитым чутьем, своеобразным даром предвидения, позволившим ему выявить перспективные и отмести ненаучные построения в этой области знаний.

Завершается раздел описанием источника энергии, заимствуемой растениями извне. В этой части рассматриваются энергетические затраты, используемые растением на создание органического вещества. Несмотря на несовершенства измеритель-

ной техники того времени, А. С. Фаминцын пытается свести баланс поступившей солнечной энергии и ее использование на построение тела растения и резервирования запасных веществ. Естественно, этот раздел содержит наибольшее количество устаревших положений.

Раздел «Синтез органических соединений в растениях, лишенных хлорофилла» содержит материалы, касающиеся способности бактерий и грибов синтезировать белки, жиры и углеводы на средах простого состава. Большое место в разделе занимает описание составов сред и подбор оптимальных соотношений питательных элементов для образования органической массы микроорганизмов. В связи с этим автор приводит интересные наблюдения, касающиеся фототропизма грибов, их морфогенеза в зависимости от способа культивирования – в погруженной или поверхностной культуре.

В этом разделе, как и в других, автор сохраняет эволюционный подход, отмечая для всех растений без исключения способность образовывать сложные органические соединения из минеральных и более простых органических продуктов. Проведено сопоставление биосинтезов, протекающих в зеленых растениях и в растениях, лишенных хлорофилла.

Останавливаясь на малоизученных проблемах, А. С. Фаминцын отмечает полное отсутствие сведений о путях и месте синтеза сложных органических соединений в растении.

В этом разделе приведен обширный материал по биосинтезам органических веществ в микробных культурах, который практически не содержит устаревших представлений, за исключением положений о фиксации атмосферного азота грибами в опытах Жодена и Бертело.

1* Автор ошибочно перечисляет синонимы в качестве названий отдельных соединений.

2* По современной терминологии – среда.

3* Очевидно, соответствует $FePO_4$.

4* Спиральные хроматофоры.

5* В современной литературе термин не используется, см. замечание автора.

6* Современная эмпирическая формула $C_5H_6O_8$.

7* В современной литературе термин не употребляется.

8* Имеется в виду нейтрализация.

9* Соответствует понятию восстановление.

10* В настоящее время эта специфика метаболизма толстянковых получила дополнительные подтверждения.

11* Под этим термином автор объединяет в данном случае весь класс желтых липофильных пигментов, включая каротиноиды.

12* Продукты омыления хлорофиллов *a* и *b* характеризуются эмпирическими формулами $C_{32}H_{30}ON_4Mg$ и $C_{32}H_{28}O_2N_4Mg$ соответственно.

13* По современным данным, состав билирубина соответствует эмпирической формуле $C_{33}H_{36}O_6N_4$.

14* Вероятно, артефакт, возникающий при длительном извлечении хлорофилла из листьев злаковых.

15* Соответствует современному понятию «интенсивность света».

16* Собирающая линза.

17* Кристаллы, выделенные из листьев мяты, скорее всего ментол.

18* Термин, применяемый в настоящее время наряду с термином «фототропизм» для обозначения тропических изгибов растений под действием света.

19* Автор объединяет понятие «фототропизм» с «фотонастией». В настоящее время эти термины различают по основному принципу – характеру действия света: фототропизм – движение в результате одностороннего действия света, фотонастия – движение при диффузном действии этого раздражителя (свет–темнота).

20* Автор отмечает оптимум фототаксиса зооспор в синей области спектра, что соответствует современным представлениям об этом процессе.

21* Идея Сакса и Рейнке о вкладе гумуса в биосинтез крахмала представляется устаревшей. По-видимому, синтез крахмала у паразитов осуществляется за счет углеводов растения-хозяина.

[22*] Класс грибов, относимый в XIX в. к бактериям.

[23*] Дрожжи.

[24*] Устаревший термин. Современное наименование – экстрактивные вещества.

[25*] Сыворотка крови.

[26*] Состояние «оцепенения или летаргии» бродильного гриба по современной терминологии соответствует понятию «покоя».

[27*] Названия солей фосфорнокалиевая, фосфорнокальциевая соответствуют современной номенклатуре: калий фосфорнокислый, кальций фосфорнокислый, магний сернокислый, кристаллизованная уксусная кислота – ледяная уксусная кислота.

[28*] Соответствуют современному – «спорогенная» форма.

[29*] Соответствует термину «углеводородный», который также употребляется автором.

[30*] Устаревший термин, включающий химические элементы C, N, O, H, образующие основную массу органических соединений.

[31*] Соединение с данным названием в современной литературе не приводится.

[32*] Соответствует по современной терминологии маслянокислому брожению.

[33*] В современной литературе термин «эвкалин» не приводится, сорбин, по-видимому, соответствует сорбиту.

[34*] Соответствует по современной терминологии термину «инвертаза».

[35*] Концепция Негели о специфических особенностях ферментации и брожения является устаревшей. В действительности различий между этими процессами не существует.

[36*] Органические соединения, содержащие серу и сахар и называемые автором мироновокислый калий и его производные, соответствуют веществам гликозтиоинолятам; они расщепляются ферментом мирозиназой.

[37*] Натронная известь.

[38*] Анаэробное дыхание.

ГЛАВА IV

Изложение данных по обмену веществ между растительной клеткой и средой автор начинает с описания амебоидного питания ряда простейших и миксомицетов, цитоплазма которых, лишенная жесткой оболочки, вступает в непосредственный контакт с твердым питательным субстратом.

Переходя к анализу питания клеток с развитой клеточной оболочкой, Фаминцын уделяет большое внимание описанию опытов Дютроше и Пфеффера по изучению осмотических свойств пленок животного и растительного происхождения, а также различных осадочных пленок, сравнивает их со свойствами клеточных стенок. Автор приходит к заключению, что оболочка растительных клеток удерживает коллоидные вещества внутри цитоплазмы, а также препятствует их проникновению в плазму из внешнего раствора. Явления плазмолиза и деплазмолиза растительных клеток А. С. Фаминцын в соответствии с результатами современных ему опытов Пфеффера объясняет полупроницаемостью поверхности цитоплазмы и вакуоли. В связи с такой особенностью он рассматривает пространственную разобщенность содержимого различных клеток, иллюстрируя это примером щелочной реакции содержимого ситовидных трубок на фоне кислой реакции остальных клеток стебля. Цитируемые Фаминцыным представления об осмосе еще не приобрели ту строгую количественную формулировку, которая была придана им Вант-Гоффом.

Деление корней на функционально различные зоны (мочка, корневые волоски и зона опробкования), которое использует Фаминцын, сохраняет значение до настоящего времени. Представление о преимущественной поглотительной функции зоны корневых волосков, а также заключение об избирательности поглощения воды и минеральных веществ из растворов различной концентрации полностью адекватны современным научным взглядам. Фаминцын обращает внимание на различие в поглощении минеральных веществ корнями из раствора и почвы, в которой минеральные вещества находятся в адсорбированном состоянии. Изучение указанных особенностей легло в основу крупного направления физиологических и агрохимических исследований на протяжении последующих десятилетий.

Вопросы газообмена автор рассматривает главным образом на примере листьев и травянистых стеблей. Он подробно характеризует устьичный аппарат, обсуждает

значение растворимости газов в воде и скорости их диффузии для регуляции состава внутренней газовой среды. Особое внимание Фаминцын уделяет обмену воды в растениях. Он приводит результаты многочисленных экспериментов, посвященных выяснению соотношения между поглощением воды и ее испарением, а также сопоставлению испарения воды целым растением и его срезанными органами. Фаминцын подчеркивает отличие транспирации от простого процесса испарения, рассматривает особенности транспирации у растений различных видов, ее изменения в онтогенезе целого растения и отдельного листа, соотношение между дыханием, фотосинтезом и транспирацией. В этой связи автор придает большое значение регуляторной роли внешних и внутренних факторов; в качестве одного из регуляторных процессов он обсуждает возможную связь транспирации с изменением температуры поверхности испаряющего листа. В заключение раздела Фаминцын на основании тщательного анализа противоречивого экспериментального материала приходит к заключению о способности надземных органов к поглощению капельно-жидкой воды.

В разделе, посвященном передвижению газов, автор приводит данные о составе внутренней атмосферы стеблей и плодов ряда растений, о возможности передвижения газов по сосудам и межклеточным полостям, о роли термодиффузионных процессов в циркуляции газов. Фаминцын принимает заключение о существовании в растении двух изолированных систем полостей с различным газовым составом – сосудов ксилемы и межклетников.

Передвижение пластических веществ включает описание гистохимических определений крахмала, сахара, белка, дубильных веществ в тканях проростков, а также древесных растений в период их пробуждения от зимнего покоя и во время созревания древесины. Значительное место отведено изложению опытов по кольцеванию растений. Автор подробно описывает наблюдения Мальпиги, Сакса, Найта, Ганштейна и Гартига, однако высказывает общее скептическое отношение к представлениям о химической природе и путях перемещения транспортируемых пластических веществ. Несомненный фактический интерес в этом разделе представляют данные о динамике накопления сухого вещества различными органами пшеницы на протяжении всего периода вегетации.

В непосредственной связи с транспортом пластических веществ обсуждается вопрос о весеннем плаче растений. Согласно заключению автора, весенний плач не является непременным условием перемещения пластического материала в нарастающие части и развития весенних побегов.

Вытекание пасоки из корней Фаминцын рассматривает как более универсальное явление по сравнению с весенним плачем. Он отмечает непрерывность выделения пасоки из корней на протяжении вегетационного периода, приводит список травянистых и древесных растений, у которых были изучены объем и давление вытекающей из корней пасоки. При обсуждении химического состава пасоки проявляется известная непоследовательность и описывается не столько состав жидкости, вытекающей из корней, сколько сока весеннего плача. Подробно описаны наблюдения Гофмейстера и Баранецкого за периодичностью выделения пасоки, регистрирующая аппаратура и, наконец, заключение Баранецкого об опосредованном характере воздействия внешних факторов на периодичность этого физиологического процесса.

Главу завершает раздел, посвященный передвижению почвенного раствора в растениях под влиянием испарения. В нем описано изучение этого процесса с помощью частичного удаления древесины, засасывания ртути и растворов красителей срезанными ветвями или побегами целых растений, обсуждаются различные приемы определения скорости транспирационного тока, а также фильтрация воды в продольном и радиальном направлениях. Вопрос о путях движения воды в элементах древесины автор оставляет открытым, не упоминая о возможности ее движения в полости сосудов ксилемы.

Суммируя все сказанное, можно сделать заключение, согласно которому представление о наличии газов в полости сосудов ксилемы противоречит современным данным. Представления о механизме плача растений, составе и путях движения пластических веществ, а также воды носят неопределенный, во многом непоследовательный характер. Проявлением этой непоследовательности может служить использование таких терминов, как «ток почвенного раствора», «жидкость разливается», для описания транспирационного тока.

[1]* По современной терминологии, соответствует китайскому таннину или галлотаннину.

[2]* В составе газовой атмосферы плодов в настоящее время обнаружен гормон этилен.

[3]* Кольцевание.

[4]* Согласно представлению Сакса, передвижение воды происходит не в полости сосудов, а в их оболочке. В соответствии с этим понятие скважность, по-видимому, предполагает капиллярные свойства клеточных оболочек.

[5]* Поры.

[6]* По современным данным, древесина хвойных представлена точечными трахеидами. В протоксилеме встречаются также трахеиды со спиральными и кольчатыми утолщениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фаминцын убежденно доказывает единство жизненных процессов животных и растений. В этой связи он обращает особое внимание не на процесс фотосинтеза, присущий исключительно зеленым растениям, а на темновые превращения веществ у прорастающих семян, растущих побегов, этиолированных растений, а также грибов. Фаминцын настойчиво подчеркивает существование у растений дыхательного газообмена, аналогичного дыханию животных. Он подробно цитирует работы Буссенго и Дюма, Сакса, Гоппе-Зейлера, К. Бернара, которые отражают эволюцию представлений о химической природе дыхания. Автор возражает против заключения Дюма и Буссенго о принципиальном различии метаболизма животных и растительных организмов, но присоединяется к мнению Гарро, Сакса, Гоппе-Зейлера и К. Бернара, которые, несмотря на отдельные разногласия, отмечают принципиальное единство темнового метаболизма животных и растений, в частности сходство дыхания этих органов.

Заключение завершается сопоставлением состава химических элементов животных и растений, их органических соединений, ферментов, продуктов энзиматического превращения. Представления автора о существовании анаэробной и аэробной фаз дыхания, о преимущественном использовании кислорода воздуха для окисления водорода субстрата чрезвычайно близки к современным.

В то же время Фаминцын крайне скептически относится к мысли о том, что многообразие химических процессов живой клетки обусловлено белками протоплазмы, которым он склонен скорее приписывать роль запасных веществ. Тот же скептицизм Фаминцын проявляет и к современным ему гипотезам о существовании и функциональной значимости циановых и альдегидных групп в строении живой протоплазмы; в настоящее время названные гипотезы полностью утратили свое значение.

[1]* Активация молекулярного кислорода.

РАБОТЫ А. С. ФАМИНЦЫНА [1]

1860

1. Организмы на границе животного и растительного царства // Сборник, издаваемый студентами имп. Петербургского университета.— СПб.— Вып. 2.— С. 19—52.
2. Beitrag zur Kenntniss der Valonia utricularis // Bot. Ztg.— Jg. 18, N 43.— S. 341—344.
3. Untersuchungen über das Reifen der Trauben // Verh. Naturforsch. Ges. Freiburg.— Bd. 2.— S. 1—29.

1861

4. Опыт химико-физиологического исследования над созреванием винограда: Диссертация, написанная на получение степени магистра ботаники.— СПб.— 27 с.

1865

5—7. Die Wirkung des Lichtes auf das Wachsen der keimenden Kresse // Mém. Acad. sci. St.-Pétersburg. Sér. 7.— T. 8, N 15.— P. 1—19.— Idem // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 8, N 3.— P. 545—549.— Idem // Mél. biol.— T. 5, N 2.— P. 161—166.

1866

8—9. Die Wirkung des Karasin-Lampenlichtes auf Spirogyra orthospira Naeg // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 10, N 1.— P. 4—14.— Idem // Mél. biol.— T. 5, N 3/4.— P. 528—543.

10—11. Die Wirkung des Lichtes auf die Bewegung der Chlamidomonas pulvisculus Ehr., Euglena viridis Ehr. und Oscillatoria insignis Tw. // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 10, N 3.— P. 534—548.— Idem // Mél. Biol.— T. 6, N 1.— P. 73—93.

12—13. Die Wirkung des Lichtes auf das Ergrünen der Pflanzen // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 10, N 4.— P. 548—552.— Idem // Mél. Biol.— T. 6, N 1.— P. 94—100.

14. Действие света на водоросли и некоторые другие близкие к ним организмы: А. Действие солнечного света на движение Chlamidomonas pulvisculus Ehr., Euglena viridis Ehr. и Oscillatoria insignis Tw. B. Действие света керосиновой лампы на Spirogyra orthospira Naeg // Рассуждение, представленное для получения степени доктора ботаники.— СПб.— С. 22—39, 39—56.

1867

15. Действие света на образование хлорофилла в цветковых растениях // Натуралист.— № 10/12.— С. 158—159.
16. Влияние света и темноты на расположение зерен хлорофилла в листьях Mnium sp. // Там же.— № 13/20.— С. 158—159.
17. О питании растений: (Публичная лекция, читанная в Вольно-экономическом обществе) // Там же.— № 21/24.— С. 321—344.

---

[1] Составлен профессорами Б. П. Строгоновым и А. Ф. Клешниным.

18–19. Influence de la lumière artificielle sur le spirogyra orthospira Naeg // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot.–T. 7, cah. 3.– P. 167–178.
20. Die Wirkung des Kerosin Lampenlichtes auf die Spirogyra orthospira Naeg // Jahrb. Wiss. Bot.– Bd. 6.– S. 31–44.
21. Die Wirkung des Lichtes auf die Bewegung der Chlamidomonas Pulvisculus Ehr., Euglena viridis et oscillatoria insignis Tw. // Jahrb. Wiss. Bot.— Bd. 6.– S. 18–31.
22. Influence de la lumière sur le mouvement des Chlamidomonas pulvisculus Ehr., Euglena viridis et Oscillatoria insignis Tw. // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot.– T. 7.– P. 178–192.
23. Die Wirkung des Lichtes auf das Ergrünen der Pflanzen // Jahrb. Wiss. Bot.– Bd. 6.– S. 45–54.
24. De l'influence de la lumière sur le verdissement des plantes // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot.– T. 7.– P. 193–197.
25. Die Wirkung des Lichtes auf Algen und einige andere ihnen nahe verwandte Organismen // Jahrb. Wiss. Bot.– Bd. 6.– S. 1–44.
26–28. Die Wirkung des Lichtes und der Dunkelheit auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner in den Blättern von Mnium sp. // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.– T. 11, N 2.– P. 130–136.– Idem // Mél. biol.– T. 6, N 2.– P. 162–171.– Idem // Jahrb. Wiss. Bot.– Bd. 6.– S. 49–54.
29. De l'action de la lumière sur le changement de position des grains de chlorophylle dans les feuilles d'une espèce de Mnium // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot.– T. 7.– P. 197–208.
30–31. Die Wirkung des Lichtes auf Spirogyra // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.– T. 12, N 1.– P. 97–108.– Idem // Mél. biol.– T. 6, N 3.– P. 277–293.
32–34. *Famintzin A., Baranetzky O.* Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Physcia parietina Dn. // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.– T. 12, N 1.– P. 56–57.– Idem // Mél. biol.– T. 6, N 3.– P. 255–257.– Idem // Bot. Ztg.– Jg. 25, N 24.– S. 189–190.
35. *Famintzin A., Baranetzky O.* Zur Entwickelungsgeschichte der Gonidien und Zoosporenbildung der Flechten // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 7.– T. 11, N 9.– P. 1–6.
36. Sur le changement des gonidies des Lichtens en zoospores // Ann. sci. natur. Sér. 5, Bot.– T. 8.– P. 137–144.
37–39. *Famintzin A., Borodin I.* Ueber transitorische Stärkebildung bei der Birke // Mél. biol.– T. 6, N 3.– P. 294–302.– Idem // Bot. Ztg.– Jg. 25, N 49.– S. 385–387.– Idem // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.– T. 12.– P. 113–119.

1868

40. Описание аппарата для исследования действия искусственного света на растения // Тр. I съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Отд. ботаники.– СПб.– С. 94–97.
41. О воспитательном значении естественных наук: (Речь) // Тр. I съезда рус. естествоиспытателей и врачей. 2 е общ. заседание.– СПб.– С. 40–48.
42. О необходимых пособиях для преподавания естественных наук в средних учебных заведениях: (Прибавление к речи А. С. Фаминцына) // Тр. I съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Отд. ботаники.– СПб.– С. 107–118.
43–44. Die Wirkung des Lichtes auf die Zelltheilung der Spirogyra // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.– T. 13, N 1.– P. 60–81.– Idem // Mél. biol.– T. 6, N 5.– P. 593–621.

1869

45–46. Vortrag über amylumartige Gebilde des kohlensauren Kalkes // Verh. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg.– N 10.– S. 7–6.– Idem // Heidelberg. Jahrb. Lit.– Jg. 62, H. 1, N 15.– S. 226–231.
47. О характере съездов русских естествоиспытателей: (Речь) // Тр. II съезда рус. естествоиспытателей и врачей.– М.– С. 87.

1870

48. Об отложениях углекислой извести в виде крахмальных зерен // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. I, вып. 1/2.— С. 24—25.— (Протоколы)..
49. Об осадочных перепонках и искусственных клетках Траубе // Там же.— С. 32.— (Протоколы).
50. Сообщение о работе Швенденера над лишаями «Die Algentypen der Flechtengonidien» // Там же.— С. 39—40.— (Протоколы).
51. Сообщение о работе Прингсгейма о копуляции зооспор // Там же.— С. 41.— (Протоколы).
52. Способ мацерации растительных тканей посредством хромовой кислоты // Там же.— С. 125—126.— (Протоколы).

1871

53. О работе Raulin над питанием грибка Aspergillus // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 2, вып. 1.— С. 34—35.— (Протоколы).
54. О новейших разысканиях над действием света на растения: (Метод счета пузырьков газа) // Там же.— С. 39.— (Протоколы).
55. Сергей Матвеевич Розанов: (Некролог) // Там же.— С. 197—201.— (Протоколы).
56—57. Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hülfsmittel zum Studium der Entwickelung niederer chlorophyllhaltiger Organismen // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 17, N 1.— P. 32—70.— Idem // Mél. biol.— T. 8, N 1/2.— P. 226—281.
58. Die anorganischen Salze als ausgezeichnetes Hülfsmittel zum Studium der Entwickelungsgeschichte der niederen Pflanzenformen // Bot. Ztg.— Jg. 29, N 46.— S. 781—785.

1872

59. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1871 г. // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 3.— С. 55—67.— (Протоколы).
60. О питании растений: Публичные лекции, читанные в имп. Вольно-экономическом обществе.— СПб.— 24 с.
61—62. Beitrag zur Keimung der Kresse // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 18.— P. 5—10.— Idem // Mél. biol.— T. 8, N 4/6.— P. 593—596.
63. *Famintzin A., Woronin M.* Ceratium hypnoides Alb. et Schw. und Polysticha reticulata Fr. als zwei neue Formen von Schleimpilzen // Bot. Ztg.— Jg. 30, N 34.— S. 613—617.

1873

64. О росте корня и подсемядольного колена кресса при прорастании его в свете и темноте // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 4, вып. 1/2.— С. 2.— (Протоколы).
65. О воспитывании Hydrodictyon в смеси неорганических солей // Там же.— С. 2.— (Протоколы).
66. Об изменении листьев осенью: (Реферат) // Там же.— С. 16.— (Протоколы).
67. Самоброжение плодов и пр.: О новейших разысканиях Пастера над брожением: (Реферат) // Там же.— С. 19.— (Протоколы).
68. О новейших разысканиях над водорослями в растворах неорганических солей // Тр. III съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Отд. ботаники.— Киев.— С. 5—6.— (Протоколы).
69. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1872 год // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 4, вып. 1/2.— С. 161—164.— (Протоколы).
70—71. Die Wirkung des Lichtes auf die Zelltheilung // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 19, N 1.— P. 30—42.— Idem // Mél. biol.— T. 9, N 1/2.— P. 131—147.

72. Beitrag zur Kenntniss der Myxomyceten // Bot. Ztg.— Jg. 31, N 42.— S. 662—664.
73. *Famintzin A., Woronin M.* Ueber zwei neue Formen von Schleimpilzen: Ceratium hydnoides Alb. et Schw. und C. poriodes Alb. et Schw. // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Ser. 7.— T. 20, N 3.— P. 1—16.

1874

74. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1873 год // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 5, вып. 1.— С. 1—12.— (Протоколы).
75. Развитие спор у миксомицетов // Там же.— С. 11.— (Протоколы).
76. Дарвин и его значение в биологии: Речь, читанная на акте в С.-Петербургском университете 8 февраля 1874 г.— СПб.— С. 22.
77—78. Beitrag zur Keimblattlehre im Pflanzenreiche // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 21.— P. 140—148.— Idem // Mél. biol.— T. 9, N 3/4.— P. 503—514.

1875

79. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1874 год // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 6.— С. 100—110.— (Протоколы).
80. Ueber die Entwickelung der Blattspreite von Phaseolus multiflorus // Bot. Ztg.— Jg. 33, N 31.— S. 508—513.

1876

81. Краткий очерк споровых растений: Составлен по лекциям проф. А. С. Фаминцына.— Литогр. изд.— СПб.— 63 с.
82. О зародышевых пластах в растительном царстве // Протоколы заседания V съезда рус. естествоиспытателей и врачей в Варшаве. Протоколы секции ботаники.— Варшава.— С. 1—2.
83. Beitrag zur Keimblattlehre im Pflanzenreiche // Mém. Acad. Sci. St.-Petersburg. Sér. 7.— T. 22, N 10.— S. 1—33.
84. Zweiter Beitrag zur Keimblattbildung im Pflanzenreiche // Bot. Ztg.— Jg. 34, N 34.— P. 540—542.

1877

85—86. Ueber Knospenbildung bei Equiseten // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 22, N 3.— P. 194—198.— Idem // Mél. biol.— T. 9, N 5/6.— P. 573—580.
87. Дополнительное сообщение об образовании почек у р. Equiseten // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 8.— С. 17—18.— (Протоколы).
88. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1876 год // Там же.— С. 42—43.— (Протоколы).
89. Отчет секретаря о деятельности общества за 1876 год // Там же.— С. 56—58.— (Протоколы).

1878

90. The embryonic membranes in plants // Month. Microsc. J.— Vol. 17, N 99.— P. 154—155.
91. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1877 год // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 9.— С. 60—62.— (Протоколы).

1879

92. О работах Штуцера о соотношении между строением органических соединений и усвоением растениями углерода этих соединений; Майера — об образовании углерода при действии света из яблочпой кислоты: (Реферат) / Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 10.— С. 101—102.
93. О развитии зародыша Alisma plantago и Capsella bursa pastoris // Там же.— С. 104—105.— (Протоколы).
94. Отчет секретаря С.-Петербургского общества естествоиспытателей за 1878 год // Там же.— С. 133—139.— (Протоколы).
95. Embryologische Studien // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 7.— T. 26, N 10.— P. 1—19.

1880

96. Анатомия и физиология растений: Лекции проф. С.-Петербург. университета А. Фаминцына.— Литогр. изд.— СПб.— 96 с.
97. О действии искусственного света на разложение углекислоты зелеными частями растений // Речи и протоколы VI съезда рус. естествоиспытателей и врачей в С.-Петербурге с 20-го по 30-е дек. 1879 г. Отд. ботаники.— СПб.— С. 8.
98. Работа Бонньe о нектариях: (Реферат) // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 11, вып. 1.— С. 77—79.— (Протоколы).
99—100. Die Zerlegung der Kohlensäure durch Pflanzen bei künstlicher Beleuchtung // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 3.— T. 26, N 2.— P. 136—142.— Idem // Mél. biol.— T. 10, N 3.— P. 401—408.
101—102. Die Wirkung der Intensität des Lichtes auf die Kohlensäurezersetzung durch Pflanzen // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 3.— T. 26, N 3.— P. 296—315.— Idem // Mél. biol.— T. 10, N 3.— P. 409—425.
103. La décomposition de l'acide carbonique par les plantes exposées à la lumière artificielle // Ann. sci. natur. Sér. 6, Bot.— T. 10.— P. 62—66.
104. De l'influence de l'intensité de la lumière sur la décomposition de l'acide carbonique par les plantes // Ibid.— P. 67—80.

1881

105. Анатомия растений: Лекции проф. С.-Петербург. университета А. Фаминцына.— Литогр. изд.— СПб.— 203 с.

1883

106. Обмен веществ и превращение энергии в растениях.— СПб.— 816 с.
107. Развитие устьиц гиацинта // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 14, вып. 1.— С. 46.— (Протоколы).
108. Коллоидальные перепонки из кремнекислоты // Там же.— Вып. 2.— С. 135.— (Протоколы).
109. Расследование строения и развития кристаллов: (В изложении И. П. Бородина) // Протоколы VII съезда рус. естествоиспытателей и врачей в Одессе.— Одесса.— С. 8—9.— (Протоколы ботан. секции от 24 авг. 1883 г.).
110. Studien über Krystalle und Krystallite // Mél. phys. et chim.— T. 12.— P. 87—90.

1884

111—113. Studien über Krystalle und Krystallite: (Vorläufige Mittheilung) // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 29.— P. 1—3.— Idem // Ber. Dt. bot. Ges.— Bd. 2, H. 1.— S. 32—35.— Idem // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 7.— T. 32, N 10.— P. 1—26.
114. Ueber geschichtete Myelingebilde // Ber. Dt. bot. Ges.— Bd. 2, H. 5.— S. 190—191.
115—116. Ueber Kieselsäuremembranen und geschichtete Myelingebilde // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 29.— P. 414—416.— Idem // Mél. biol.— T. 12, N 1.—P. 17—20.

117—118. Beitrag zur Entwickelung der Sclerenchymfasern von Nerium Oleander // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 29.— P. 416—422.— Idem // Mél. biol.— T. 12, N 1.— P. 21—29.

1885

119. Об усвоении растениями газообразного азота // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 16, вып. 2.— С. 65.— (Протоколы).
120. Пластинки из кремнекислоты // Там же.— Вып. 1.— С. 26.— (Протоколы).
121. *Фаминцын А., Пржибытек С.* Исследования состава золы цветня сосны // Там же.— Вып. 2.— С. 529—534.
122. *Famintzin A., Przybytek D. S.* Aschenanalyse des Pollens von Pinus silvestris // Mél. phys. et chim.— T. 12.— P. 339—347.

1886

123. Образование почек у явнобрачных // Ботан. зап.— Т. 1, вып. 2.— С. 293—300.
124. О развитии листовых почек // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 17, вып. 2.— С. 68.— (Протоколы).
125. Некролог А. Виганда // Там же.— С. 86.— (Протоколы).
126—127. Ueber Knospenbildung bei Phanerogamen // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 3.— T. 30.— P. 470—472, 525—531.— Idem // Mél. biol.— T. 12, N 4.— P. 573—575; N 5.— P. 589—598.
128 *Famintzin A., Przybytek D. S.* Analyse de la Cendre du polen de pin // Arch. Slaves biol.— 15 sept.— P. 1—7.

1887

129. Учебник физиологии растений.— СПб.— 304 с.

1889

130. Н. Я. Данилевский и дарвинизм: Опровергнут ли дарвинизм Данилевским? // Вестн. Европы.— Т. 1, кн. 2.— С. 616—643.
131. Beitrag zur Symbiose von Algen und Thieren // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 7.— T. 36, N 16.— P. 1—36.

1890

132—133. О психической жизни простейших представителей живых существ // Тр. VIII съезда рус. естествоиспытателей и врачей. Общ. отд.— СПб.— С. 32—39.— То же // Дневник VIII съезда рус. естествоиспытателей и врачей.— СПб.— № 6.— С. 12—18.

1891

134. Краткий перечень результатов, изложенных в рефератах по анатомии, морфологии и физиологии растений // Обзор ботанической деятельности в России за 1890 г.— СПб.— С. 1—12.
135. О симбиозе водорослей с животными // Тр. Ботан. лаб. Акад. наук.— № 1.— С. 1—22.— (Прил. 6 к т. 66 Зап. Акад. наук).
136. Новые ботанические работы Габерланда, Виноградского и Тимирязева: (Реферат) // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 21.— С. 13—15.— (Протоколы).
137. Обзор ботанической деятельности в России за 1890 г.— СПб.— 157 с.
138. Новая форма бактерий Nevskia ramosa // Тр. Ботан. лаб. Акад. наук.— № 2.— С. 1—8.— (Прил. 9 к т. 67 Зап. Акад. наук).

139. Eine neue Bakterienform Nevskia ramosa // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg.— T. 2 (34), N 9.— P. 481—486.— Idem // Mél. biol.— T. 13, N 1.— P. 169—174.
140. Beitrag zur Symbiose von Algen und Thieren // Mém. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 7.— T. 38, N 4.— P. 1—16.

1892

141. Обзор ботанической деятельности в России за 1891 г.— СПб.— 264 с.
142. Некролог П. Я. Крутицкого // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.- 1. 22.— С. 22—24.— (Приложение к протоколам).
143. Некрологи Санио, Е. Гартнака, А. Шенка, Л. Юста, А. Барклая // Там же.— С. 14.— (Протоколы).
144. Nochmals über Zoochlorellen Erwiederung // Biol. Zbl.— Bd. 12, N 2.— S. 51—54.

1893

145. По поводу заметки В. Шевякова о Zoochlorella // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 23.— С. 3.— (Протоколы).
146. О работе Трейба «Размножение Casuarineae и их место в системе»: (Реферат) // Там же.— С. 3.— (Протоколы).
147. Некролог Ф. Маевского // Там же.— С. 22—23.— (Протоколы).
148. О судьбе зерен хлорофилла в семенах и проростках // Тр. Ботан. лаб. Акад. наук.— № 5.— С. 1—16.— (Прил. 7 к т. 73 Зап. Акад. наук).
148. О хромогене семян Helianthus и двух из него полученных растворимых в воде пигментах: Предвар. сообщ. // Там же.— № 6.— С. 1—3.— (Прил. 7 к т. 73 Зап. Акад. наук).
150—151. Ueber Chlorophyllkörner der Samen und Keimlinge // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 4.— T. 4 (36).— P. 75—85.— Idem // Mél. biol.— T. 13, N 3.— P. 423—433.
152—153. Ueber das in den Samen von Helianthus annuss entdeckte Chromogen und zwei neue aus ihm erhaltene, in Wasser lösliche Pigmente: das gelbe und grüne // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 4.— T. 4 (36), N 3.— P. 87—88.— Idem // Mél. biol.— T. 13, N 3.— P. 423—433.
154. Übersicht der Leistungen auf dem Geliete der Botanik in Russland während des Jahres 1891.— St.-Petersburg.— 294 S.

1894

155. О судьбе зерен хлорофилла в семенах и проростках // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей. Отд. ботаники.— Т. 24.— С. 11.— (Протоколы).
156. О хромогене семян подсолнечника и двух полученных из него растворимых в воде пигментах: желтом и зеленом. // Там же.— С. 11.— (Протоколы).
157. Ближайшие задачи биологии // Вестн. Европы.— Т. 3, № 5.— С. 132—153.
158. *Фаминцын А., Коржинский С.* Обзор ботанической деятельности в России за 1892 г.— СПб.— 187 с.
159. *Famintzin A., Korzinsky S.* Übersicht der Leistungen auf dem Gebiete der Botanik in Russland während des Jahres 1892.— St.-Petersburg.— 213 S.

1895

160. *Фаминцын А., Коржинский С.* Обзор ботанической деятельности в России за 1893 г.— СПб.— 116 с.
161. Notice sur des travaux scientifiques de N. Pringsheim // Bull. Acad. sci. St.-Petersburg. Sér. 5.— T. 2.— P. 1—3.

1897

162. Некролог Гельригеля // Тр. С.-Петербург. о ва естествоиспытателей.— Т. 27, вып. 1.— С. 180—182.— (Протоколы).

1898

163–164. Современное естествознание и психология.– СПб.– 216 с.– То же // Мир божий. № 1.– С. 1–29; № 2.– С. 121–142; № 3.– С. 167–199; № 4.– С. 201–231; № 5.– С. 209–241; № 6.– С. 142–173; № 7.– С. 92–113.
165. Работа С. Г. Навашина: Результаты проверки процесса оплодотворения у Lilium Martagon и Fritillaria tenella // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.– Т. 29, вып. 1.– С. 166–167.– (Протоколы).
166. Открытое письмо профессору К. А. Тимирязеву // Рус. ведомости. № 240.– С. 3.

1900

167. Речь на заседании Комиссии 25 января // Протоколы I Метеорол. съезда при имп. Акад. наук, 24–31 янв. 1900 г.– СПб.– Прил.– С. 41–51.
168. Пояснительная записка к проекту Центрального агрохимического института // Там же.– С. 107–118.
169. Некролог С. И. Коржинского // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.– Т. 31, вып. 1.– С. 357–364.– (Протоколы).

1901

170. К реформе учебного дела в России // Вестн. Европы.– Т. 6, № 6.– С. 773–780.
171. О двух международных предприятиях: 1) О международной библиографии по естествознанию и математике, 2) О международной ассоциации академий // Дневники XI съезда рус. естествоиспытателей и врачей.– СПб.– С. 690–699.

1902

172. Первый съезд международной ассоциации академий // Мир божий.– № 1.– С. 158–173.
173. О двух международных предприятиях: 1) О международной библиографии по естествознанию и математике, 2) О международной ассоциации академий // Там же.– № 11.– С. 90–101.
174. Андрей Николаевич Бекетов: (Некролог) // Изв. имп. Акад. наук. Сер. 5.– Т. 22.– С. 6–13.– То же // Журн. мин-ва нар. просвещения.– Ч. 344, № 11.– С. 51–65.
175. Общественная деятельность А. Н. Бекетова // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.– Т. 33, вып. 1: (1902–1903).– С. 258–267.– (Протоколы).
176. Накануне университетской реформы // Мир. божий.– № 1.– С. 238–255.
177. М. С. Воронин: (Некролог) // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.– Т. 34, вып. 1.– С. 210–222.– (Протоколы).
178. Отзыв о статье В. В. Лепешкина «Исследования над выделением водяных растворов растениями» // Изв. имп. Акад. наук. Сер. 5.– Т. 19, № 4/5.– С. 1–13.
179. Некролог С. И. Коржинского // Тр. Ботан. музея имп. Акад. наук.– Вып. 1.– С. 1–11.

1904

180. Введение // Русская библиография по естествознанию и математике.– СПб.– Т. 1.– С. V–XV.

1905

181. Второй съезд международной ассоциации академий // Мир божий.– № 12.– С. 231–241.

1907

182—183. О роли симбиоза в эволюции организмов // Зап. имп. Акад. наук. Сер. 7.— Т. 20, № 2.— С. 1—14.— То же // Тр. Ботан. лаб. Акад. наук.— № 9.— То же // Тр. С.-Петербург. о-ва естествоиспытателей.— Т. 38, вып. 1.— С. 141—143.— (Протоколы).

184. Die Symbiose als Mittel der Synthese von Organismen // Biol. Zbl.— Bd. 27, N 12.— S. 253—264.

1908

185. Доклад физико-математическому отделению имп. Академии наук о деятельности академической Комиссии и соединенного совещания Комиссии академической и Общества охраны народного здравия по вопросу: о питании голодающего населения пшеницей, зараженной мокрой головней (Tilletia Tritici).— СПб.— 43 с.

1911

186. Note sur les Bryopsis de la côte de Monaco // Bull. Inst. océanogr.— N 200.— P. 1—3.

1912

187. Доклад физико-математическому отделению имп. Академии наук о деятельности академической Комиссии и соединенного совещания Комиссии академической и Общества охраны народного здравия по вопросу: изучения головневых (преимущественно Tilletia Tritici и Ustilago Maydis) со стороны строения, истории их развития, влияния на домашних животных и способов борьбы с вредом, причиняемым головневыми.— СПб.— 11 с.

188. О роли симбиоза в эволюции организмов // Изв. имп. Акад. наук. Сер. 6.— Т. 6, № 1.— С. 51—68; № 2.— С. 707—714.

189. Э. Борнэ: (Некролог) // Там же.— Т. 6, № 1.— С. 417—418.

190. Введение // Русская библиография по естествознанию и математике.— СПб.— Т. 5.— С. 5—6.

191. Beitrag zur Kenntniss von Bryopsis muscosa Sam // Ber. Dt. bot. Ges.— Bd. 30, H. 8.— S. 431—435.

192. Die Symbiose als Mittel der Synthese von Organismen // Ibid.— S. 435—442.

1913

193. Отзыв о сочинениях В. И. Палладина // Сборник отчетов о премиях и наградах за 1910 г.— СПб.— С. 210—222.

1914

194. К вопросу о зооспорах у лишайников // Изв. имп. Акад. наук. Сер. 6.— Т. 8, № 6.— С. 429—433.

195—196. Введение // Русская библиография по естествознанию и математике. 1907.— СПб.— 1908—1909.— Т. 7.— С. 5—8.

1915

197. *Фаминцын А., Серк В.* Еще о зооспорах у лишайников: Образование зооспор в гонидеях, срощенных с гифами // Изв. Рос. Акад. наук. Сер. 6.— Т. 9, № 11.— С. 1203—1208.

198. К вопросу о спиртовом брожении // Там же.— № 12.— С. 1299—1300.

199. Записка для постоянной комиссии по изучению естественных производительных сил России, состоявшейся при Российской Академии наук.— Пг.— 14 с.

200. Отзыв о работе М. С. Цвета «Хромофиллы в растительном и животном мире», Варшава, 1910 // Сборник отчетов о премиях и наградах за 1911 г.— Пг.— С. 14—20.

1916

201. О роли симбиоза в эволюции организмов // Изв. Петрогр. биол. лаб.— Т. 15, вып. 3/4.— С. 3—4.

1917

202. Новый метод культуры микроорганизмов // Изв. Рос. Акад. наук. Сер. 6.— Т. 11, № 12.— С. 877—882.

1918

203. Что такое лишайники? // Природа.— № 7.— С. 265—282.
204. Отзыв о сочинениях И. А. Монтеверде и В. Н. Любименко // Сборник отчетов о премиях и наградах за 1913 г.— Пг.— С. 22—26.

1923

205 *Фаминцын А. С., Баранецкий И.* К истории развития гонидий и образования зооспор у лишайников // Классики естествознания.— Кн. 12.— С. 7—14.

РАБОТЫ О А. С. ФАМИНЦЫНЕ [1]

Андрей Сергеевич Фаминцын: (К сорокалетию его научной и общественной деятельности) // Наше хоз-во.— 1900.— № 85.— С. 1—3.

Андрей Сергеевич Фаминцын // Биогр. слов. деятелей естествознания и техники.— 1959.— Т. 1.— С. 298.

Андрей Сергеевич Фаминцын: Жизнь и научная деятельность.— Л.: Наука, 1981.— 223 с.

Бородин И. П. Сорокалетие научной деятельности Андрея Сергеевича Фаминцына // Тр. Ботан. сада Юрьев. ун-та.— 1900.— Т. 1, № 3.— С. 163—169.

Бородин И. П. Андрей Сергеевич Фаминцын (1835—1918); Некролог // Изв. Рос. Акад. наук. Сер. 6.— 1919.— Т. 13, № 12/18.— С. 553—566.— То же // Журн. рус. ботан. о-ва.— 1919.— Т. 4, № 1/3.— С. 132—151.

Бреславец Л. П., Исаченко Б. Л., Комарницкий Н. А., Лившиц С. В., Максимов Н. А. Очерки по истории русской ботаники.— М.: Изд-во МОИП, 1947.— 320 с.

В. А. А. С. Фаминцын // Мир божий.— 1900.— № 11.— С. 30—34.

Виноградский С. Н. Итоги // Природа.— 1988.— № 3 (871).— С. 123—128.

Герб рода Фаминцыных // Общий гербовник дворянских родов Российской империи.— СПб., 1798.— Ч. 2, № 129.

Еленкин А. А. Научная и общественная деятельность А. С. Фаминцына // Изв. Гл. ботан. сада РСФСР.— 1921.— Т. 20, № 2.— С. 67—74.

Заленский О. В. Развитие наследия А. С. Фаминцына в области проблемы фотосинтеза в современной науке // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 110—111.

История и современное состояние физиологии растений в Академии наук: От лаборатории акад. А. С. Фаминцына до института физиологии растений им. К. А. Тимирязева.— М.: Наука, 1967.— 371 с.

Калмыков К. Ф. Физиология растений // История естествознания в России.— М.: Изд-во АН СССР, 1962.— Т. 3.— С. 448—494.

Калмыков К. Ф. История физиологии растений в России.— Л., 1965.— 65 с.

Клешнин А. Ф. Возникновение и развитие физиологии растений в Академии наук СССР // История и современное состояние физиологии растений в Академии наук.— М.: Наука, 1967.— Гл. 1.— С. 5—87.

Комков Г. Д., Левшин Б. В., Семенов Л. К. Академия наук СССР: Краткий исторический очерк—. М.: Наука, 1974.— 522 с.

Кондратьева-Мельвиль Е. А., Василевская В. К. Работы А. С. Фаминцына по морфологии и анатомии растений // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 123—130.

Кретович В. Л. Очерки по истории биохимии в СССР.— М.: Наука, 1984.— 104 с.

Лебедев Д. В. Библиографическая деятельность А. С. Фаминцына // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 182—195.

Липский В. И. Фаминцын Андрей Сергеевич // С.-Петербургский ботанический сад за 200 лет его существования.— СПб., 1913.— Т. 3.— С. 81—87.

Максимов Н. А. Физиология растений // Очерки по истории русской ботаники.— М.: МОИП, 1947.— С. 211—273.

Манойленко К. В. Развитие эволюционного направления в физиологии растений: Исторические очерки.— Л.: Наука, 1974.— 254 с.

Манойленко К. В. Роль А. С. Фаминцына в развитии эволюционной физиологии растений // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 131—149.

Манойленко К. В., Хахина Л. Н. Из истории развития эволюционной теории в Академии наук и вклад академика А. С. Фаминцына // Журн. общ. биологии.— 1974.— Т. 35, № 2.— С. 308—314.

[1] Список составлен профессорами А. Ф. Клешниным и Б. П. Строгоновым.

Мирзоян Э. Н. Эволюционно-биохимические взгляды А. С. Фаминцына в связи с его философскими и общебиологическими воззрениями // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 150—164.

Мирзоян Э. Н. Развитие сравнительно-эволюционной биохимии в России.— М.: Наука, 1984.— 272 с.

Нечаев М. Фаминцын Андрей Сергеевич // Энциклопедический словарь Русского библиографического института Гранат.— 7-е изд.— 1917.— Т. 43.— С. 11—13.

Опарин А. И., Сисакян Н. М., Гельман Н. С. Материалы по истории биохимии растений в СССР // Тр. Ин-та истории естествознания.— 1952.— Т. 4.— С. 236—266.

Платонов Г. В. Мировоззрение К. А. Тимирязева.— М.: Изд-во АН СССР, 1951.— 289 с.

Полевой В. В. А. С. Фаминцын и физиология растений в Петербургском-Ленинградском университете // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 56—85.

Полевой В. В. К столетию выхода в свет первого отечественного «Учебника физиологии растений» А. С. Фаминцына // Физиология растений.— 1987.— Т. 34, вып. 6.— С. 1212—1225.

Семихатова О. А. А. С. Фаминцын и современные представления о дыхании растений // Там же.— Л.: Наука, 1981.— С. 112—121.

Сенченкова Е. М. Андрей Сергеевич Фаминцын: (К 40-летию со дня смерти) // Ботан. журн.— 1960.— Т. 45, № 2.— С. 309—317.

Сенченкова Е. М. Открытие хроматографии и Академия наук // Природа.— 1974.— № 5 (705).— С. 93—101.

Сенченкова Е. М. Исследования А. С. Фаминцына по фотосинтезу // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 86—109.

Строгонов Б. П. Академик А. С. Фаминцын — ученый и гражданин // Там же.— Л.: Наука, 1981.— С. 6—37.

Тимирязев К. А. Развитие естествознания в России в эпоху 60-х годов // История России с XIX в.— М.: Гранат, 1907.— Т. 7, вып. 26.— С. 1—30.— То же.— М.: Гранат, 1920.— 68 с.— То же // Тимирязев К. А. Сочинения.— М.: Сельхозгиз, 1939.— Т. 8.— С. 474—478.

Урманцев Ю. А. Об опытно-философском мировоззрении академика А. С. Фаминцына // А. С. Фаминцын.— Л.: Наука, 1981.— С. 38—55.

Фаминцын А. С. // Рус. биогр. слов.— 1901.— Т. 20.— С. 19.

Фаминцын А. С. // Биографический словарь профессоров и преподавателей имп. Санкт-Петербургского университета.— СПб., 1898.— Т. 2.— С. 285—288.

Фаминцын А. С. // Энцикл. слов./Брокгауз и Ефрон.— 1902.— Т. 35.— С. 288—289.

Фаминцын А. С. Автобиография // Материалы для биографического словаря действительных членов Академии наук.— Пг., 1917.— Ч. 2.— С. 199—205.

Фаминцын А. С. // БСЭ.— 1-е изд.— 1936.— Т. 56.— С. 603.— То же // БСЭ.— 2-е изд.— 1956.— Т. 44.— С. 516.— То же // БСЭ.— 3-е изд.— 1977.— Т. 27.— С. 385—386.

Фаминцын А. С. // Биогр. слов. деятелей естествознания и техники.— 1959.— Т. 2.— С. 298.

Фаминцын А. С. (29.VI 1835—8.XII 1918) // Биол. биографический справочник. Киев: Наук. думка, 1984.— С. 646.

Фаминцын Е. И. // Рус. биогр. слов.— 1901.— Т. 20.— С. 19—20.

Фаминцыны // Руммель В. В., Голубцов В. В. Родословный сборник русских дворянских фамилий.— СПб.: Суворин, 1887.— Т. 2.— С. 573—574.

Famintzin A. S. // The Encycl. Amer.— 1940.— Vol. 11.— P. 9.

Famintzin A. S. Geistige Welt: Gallerie von Zeitgenossen auf dem Gebichte der Künste und Wissenschaften/Hrsg. A. Mansch.— B.: Eckstein.

Famintzin A. (Famincyn) // Catalogue of scientific papers.— Cambridge, 1868.— Ser. 1: (1800—1863), vol. 2.— P. 554.— Idem // Ibid.— Ser. 2: (1864—1873), vol. 7.— P. 637—638.— Idem // Ibid.— Ser. 3: (1874—1883), vol. 9.— P. 828.— Idem // Ibid.— Ser. 4: (1884—1900), vol. 14.— P. 922—923.

УКАЗАТЕЛИ

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ[1]

Адерхальдт А. (Aderchaldt A.) 87
Альвенс 124
Андерсон Т. (Anderson T.) 82, 85, 108
Арендт Р. (Arendt R.) 241, 242, 478
Арендт Т. Т. Ф. (Arendt T. T. F.), 120, 121, 123
Аскенази Е. (Askenazy E.) 328, 330

Бабиков И. И. 79, 80
Бабо 35
Балион А. Э. (Baillon H. E.) 481, 482, 519
Бальтцер А. (Baltzer A.) 44
Баранецкий О. В. (Baranetzky O. V.) 148, 149, 184, 292, 432, 453, 466, 467, 471, 472, 476, 514–517
Бараль Ж. А. (Barral J. A.) 104
Барбьери (Barbieri J.) 151, 152, 200, 201, 203
Барруель 34
Бартелеми А. (Barthélemy A.) 446, 449, 450, 477, 478, 484, 489
Баталин А. (Batalin A.) 167, 328–330
Бах О. (Bach O.) 35
Бедекер 88
Бейер А. (Baeyer A.) 317, 318, 359
Бейер А. (Beyer A.) 45, 101, 114, 145, 153, 154, 257, 259–261, 265, 508, 510, 513
Бек А. (Beek A.) 199
Беки Е. (Bechi E.) 117
Беккерель А. Е. (Becquerel A. E.) 192, 324, 342, 343
Белингродт 89
Беллами Ф. (Bellamy F.) 89
Бем И. А. (Boehm J. A.) 180, 181, 190, 191, 227, 312, 327, 336, 365, 420, 421, 481, 482, 522, 523, 524
Бендер К. (Bender C.) 484
Бенте Ф. (Bente F.) 44
Беренс (Berens W. I.) 72
Бергсма К. А. (Bergsma C. A.) 199
Бергштранд (Bergstrand C. F.) 87, 94
Беркелей 236
Бернард К. (Bernard C.) 7, 534, 537–539, 544
Берт П. (Bert P.) 180, 181, 416, 417
Бертело Э. М. (Bertelot E. M.) 395, 412, 413, 415, 419
Бертье 119
Бетгер (Böttger) 89
Бетте 31
Бешан А. (Bechamp A.) 84
Бешан Ж. (Beschamp J.) 408
Бирнер Г. (Birner H.) 250, 251, 254, 255, 259, 260, 265
Бисдом Д. Р. (Bisdom D. R.) 85, 95
Бланкенгорн А. (Blankenhorn A.) 399
Блунд Т. П. (Blund T. P.) 387
Богуславский 79
Бодримон А. (Baudrimont A.) 71, 95
Бокорни Т. (Bokorny Th.) 546
Бонье Г. (Bonnier G.) 72–74
Бородин И. П. (Borodin I. P.) 49, 53, 173, 176, 178, 179, 185–188, 194, 232–235, 319, 355, 356, 365, 366, 502, 546
Борщов О. (Borščow E.) 30, 78–81, 420
Ботом (Botom) 16, 86
Бракопо 16, 31
Брандт 35
Браш А. (Brasch A.) 257
Бретшнейдер К. (Bretschneider C.) 101, 106, 109, 306, 443
Бретшнейдер П. (Bretschneider P.) 120, 121, 123, 241, 242
Брефельд О. (Brefeld O.) 219, 225, 337, 393, 399–402
Бриози Г. (Briosi G.) 319, 320, 493, 497, 527
Бруме (Broome C. H.) 236
Брунер (Brunner H.) 317
Брустлейн 443
Брюкке Э. (Brücke E.) 236, 507, 508
Буль (Bull) 84
Бунге Г. (Bunge G.) 86
Бунзен Р. В. Э. (Bunsen R. V. E.) 269, 323
Бургерштейн А. (Burgerstein A.) 59, 469, 470, 475
Буссенго Ж. Б. (Boussingault J. B.) 7, 76, 77, 85, 155–158, 168, 170, 190, 240, 244, 245, 268–270, 272, 273, 276–278, 281, 282,

[1] Составлен кандидатом биологических наук Л. П. Ждановой.

284, 295–299, 301, 302, 304, 306, 331, 343, 344, 373, 399, 477, 481, 484, 529, 530, 543
Бусенго И. (Boussingault I.) 437, 438, 462 482
Бутлеров А. М. 9, 317
Бутрон 404
Бутру Л. (Boutroux L.) 405
Бушар 22
Бушю Э. (Bouchut E.) 184
Бэйли Г. В. (Bailey H. W.) 132
Бюнье (Buignet H.) 72

Вагнер А. (Wagner A.) 260
Вайск 393
Вальц Я. Я. (Walz I.) 147, 319
Варминг Э. (Warming E.) 55
Вебер Р. (Weber R.) 115, 118
Ведель (Wedel) 77
Везельский 80
Вейль Т. (Weyl T.) 36–38, 54, 57, 58
Вейнцирль (Weinzierl J.) 23, 80
Вейс А. (Weiss A.) 445
Велер Ф. 31, 144
Веретенников И. В. 329
Вертгейм 35
Веск Ж. (Vesque J.) 136, 204, 452, 465, 469, 470
Вибран П. (Vibrans P.) 94, 95
Виганд А. (Wiegand A.) 64–66
Виганд А. (Wigand A.) 17, 73
Вигман А. (Wiegmann A. J. F.) 88, 244
Вике В. (Wicke W.) 36, 87, 89, 127
Виль Ж. (Ville G.) 260, 295, 303–309
Виль Г. (Will H.) 30, 149, 210—212
Вильгельм К. (Wilhelm K.) 59
Вильсон (Wilson) 477
Винес С. Г. (Vines S. H.) 213, 393
Винклер 19, 27
Винтер 393
Виолет Ш. (Violette Ch.) 201
Виснер Ю. (Wiesner J.) 17, 23, 44, 67, 68, 80, 182, 183, 215, 321–327, 330, 348, 349, 361, 368–370, 373, 374, 466–468, 476
Виттинг Э. (Witting E.) 85, 93
Виттштейн Г. X. (Wittschtein G. Ch.) 17, 88, 103, 112, 114, 118
Вокелен Л. Н. (Vauquelin L. N.) 87, 153, 200
Волков А. Н. (Wolkoff A. N.) 167, 173–176, 186, 187, 279, 284, 286, 288, 290—292, 350
Вольф В. (Wolf W.) 250, 251, 253–255, 261–263, 419, 420
Вольф Э. (Wolff E.) 82–85, 88, 94, 95, 99–109, 112–119, 441
Воронин М. С. 393
Вортман Л. (Wortmann L.) 181, 182, 231, 232
Вролик Г. (Vrolik G.) 199
Вульферт Г. (Wulfert H.) 124
Вундер Г. (Wunder G.) 98, 107, 108
Вюрц Х. А. (Wurtz Ch. A.) 184, 430

Габерланд Ф. (Haberlandt F.) 320, 328, 329, 453, 454, 457–459
Габерман И. (Habermann J.) 152
Гайдук М. (Hayduck M.) 388
Гандт О. (Handt O.) 35
Гансен А. (Hansen A.) 363
Гансен Э. Хр. (Hansen E. Chr.) 219, 398–400
Ганштейн И. (Hanstein J.) 48, 49, 60, 138, 494–498, 527
Гарднер Г. (Gardner G.) 235
Гармс Е. (Harms E.) 86, 95
Гарро З. (Garreau Z.) 16, 96, 97, 99, 186, 189, 190, 233, 285, 459, 462, 532
Гартиг Т. (Hartig Tn.) 7, 53–56, 58, 153, 163, 334, 438, 454, 456, 473, 475, 476, 495, 504, 518, 519, 524
Гарц К. О. (Harz C. O.) 197
Гаспарен Б. (Gasparin B.) 85
Гаусенек (Hauseneck) 29
Гегельмейер Ф. (Hegelmaier F.) 136
Гедехенс (Gödechens) 94
Гейгер 34
Гейден Е. (Heyden E.) 103
Гейзелер 32
Гейзенер 31
Гейман 31
Гейнц А. (Heintz A.) 203
Гейон У. (Gayon U.) 218, 401
Геккель Э. (Haeckel E.) 429
Гексли Т. (Huxley Th. H.) 531
Гелес С. (Hales St.) 7, 451, 455, 464, 465, 484, 485, 487, 505, 506, 513, 514, 518–520, 524,
Гельмгольц Г. (Helmholtz H.) 414
Гельригель Г. (Hellrigel H.) 154, 160, 161, 244, 245, 246, 255
Генлейн Г. (Hanlein H.) 138
Генеберг В. (Heneberg W.) 17, 443
Генель Ф. (Höhnel F.) 44, 47, 70, 136, 449, 454, 456–459, 461, 474, 475, 485—488, 571
Генри Е. (Henry E.) 112, 115, 116, 118, 119
Гепперт Г. Р. (Göppert H. R.) 182, 183, 191
Герен Вари 23
Герланд Э. (Gerland E.) 360
Герман К. (Hermann C.) 84
Герман Л. (Hermann L.) 531
Герпат (Herpath) 256
Гертнер К. Ф. 530
Геттар М. (Guettard M.) 451, 475
Гильгерс 21, 196
Гирш Дж. Э. 200

Говард (Howard I. E.) 77
Годефруа Р. (Godeffroy R.) 78
Годлевский Е. (Godlewski E.) 53, 167, 273–276, 312, 316, 319, 320
Гозеус А. (Hosaeus A.) 124, 557
Голле Г. (Holle H.) 53, 55, 319, 320
Гольцпер Г. (Holzner G.) 130, 132
Гоппе-Зейлер Ф. (Hoppe-Seyler F.) 7, 36–38, 229, 294, 349, 354, 355, 378, 395, 407, 413, 417, 534–538, 541, 543–545
Горват 399
Горуп-Везанез (Gorup-Besanez E.) 23, 82, 90, 145, 149, 150, 152, 211, 212
Готье А. (Gauthier A.) 19, 349, 354, 355
Гофман Р. (Hoffmann R.) 89, 98
Гофмейстер В. (Hofmeister W.) 95, 368, 393, 507—510, 513, 514, 516, 521, 523
Грандо Л. Н. (Grandeau L. N.) 17, 88, 114, 115, 117
Грациоле П. (Gratiolet P.) 288, 292
Гришов К. Х. (Grischow C. C.) 331
Грубер В. (Gruber W.) 103
Грувен Г. (Grouven H.) 124
Грэм 430
Губерт Ж. (Hubert J.) 198, 199
Гуземан А. (Husemann A.) 17, 28
Гуземан Т. (Husemann Th.) 17
Гукер Дж. Д. (Hooker G. D.) 205, 211
Гумбольд А. (Humboldt A.) 506
Гупиль 27
Гутцейт Г. (Gutzeit H.) 19
Гюннинг М. В. (Günning J. W.) 382
Гюнтер 34

Даль 32
Дарвин Ф. (Darvin Er.) 213, 214
Дарвин Ч. (Darwin Ch.) 205, 207, 208, 210, 211
Даунер А. (Dawner A.) 387
Дворжак Г. (Dworžak H.) 88, 257
Де-Бари А. (De-Bary A.) 24, 60, 64, 67, 68, 81, 429, 445, 450, 478
Дебарр Л. (Desbarres L.) 186
Де-Фри И. Э. (De Vrii J. E.) 78
Де-Фриз Г. (De Vries H.) 33, 71, 315
Деви Э. В. (Davy E. W.) 90
Дегерен П. (Deherain P.) 178, 179, 186, 188, 189, 191, 204, 314, 317, 451, 455, 457, 462, 463, 466, 469
Декандоль (Decandolle) 321
Деларю Е. М. 134
Делаханаль Б. (Delachanal B.) 88, 89
Деметер (Demeter K.) 134
Денеке (Dehneke C.) 311
Десен В. (Dessaigner V.) 153
Детмер В. (Detmer W.) 153–155, 159–161, 163, 234, 481, 482, 497, 506, 540, 546
Джильберт Дж. Г. (Gilbert J. H.) 296, 302, 304, 534
Джонсон С. В. (Johnson S. W.) 260
Дикштейн С. (Dickstein S.) 47
Дильвин Л. В. (Dillwin L. W.) 336
Диппель Л. (Dippel L.) 50
Добени Ш. (Daubeny Ch.) 292, 339
Дойер М. П. Л. М. (Doyer M. P. L. M.) 269
Донат Э. (Donath E.) 415, 416
Донкер 35
Дот 26
Драгендорф И. Г. Н. (Dragendorff J. G. N.) 46, 196
Дрепер Дж. В. (Draper J. W.) 288, 289, 292, 331
Друде О. (Drude O.) 211, 284, 384, 373
Дульк Э. (Dulk E.) 88, 118
Дюбренфо А. П. (Dubrunfault A. P.) 154, 230, 411, 412
Дюваль-Жув Ж. (Duval-Jonve J.) 446
Дюгамель (Duhamel du Monceau H. L.) 243, 518
Дюкло Э. (Duclaux E.) 89
Дюклюзо Ж. А. П. (Ducluseau J. A. P.) 336
Дюма Ж. Б. А. (Dumas J. B. A.) 377, 529
Дюроше Ж. (Durochet J.) 90–93
Дютроше Н. (Dutroche H.) 192, 193, 199, 293, 429
Дюшартр П. (Duchartre P.) 478—481, 483

Екерт 119

Жаксон Ч. Т. (Jackson Ch. T.) 100, 102
Жамен Ж. (Jamin J.) 523
Женкинс (Jenkins) 94
Жанье 77
Жерен-Вари (Gerin-Varry) 148
Жоден Ф. В. (Jodin F. V.) 419
Жубер Ж. (Joubert J.) 404

Зайкевич А. Е. 203
Захариас Э. (Zacharias E.) 53, 54
Зиверт В. (Siewert W.) 102, 145
Зигель О. (Siegel O.) 84, 85
Зигерт Т. (Siegert Th.) 250, 256, 264
Зонненштейн 32

Изидор-Пиерр Ж. (Isidor-Pierre J.) 120, 122, 242, 498—501
Ингенхуз И. (Ingen-Housz I.) 188, 257, 268
Ицери 21

Кавенту Ж. 32
Кагур А. (Cahours A.) 284
Каллен Ф. (Kallen Fr.) 55
Кольдеруп-Розенвинге Л. (Kolderup-Rosenvinge L.) 48
Кальете Л. (Cailletet L.) 292, 480–482
Камерон Ш. А. (Cameron Ch. A.) 89, 260
Камиль Ст.-Пиер (Camille St. Pierre) 484

Каниар-Ла-Тур 219
Кариолис 340
Карлес П. (Carles P.) 77
Кармродт (Karmrodt C.) 112
Карстен Г. (Karsten H.) 77, 158
Карус 205
Кельнер О. (Kellner O.) 164
Кениг И. (König J.) 20
Кернер А. 30
Кларк У. С. (Clark W. S.) 505, 506, 508
Клейн И. (Klein I.) 55, 132
Клинсик 82
Клоез С. (Clöez S.) 274, 292, 306, 347
Книрим В. (Knieriem W.) 386, 395
Кнор В. (Knop W.) 15, 16, 87, 88, 107, 247—253, 255—257, 260, 264, 265, 442, 443, 447, 457, 484
Кове С. (Cauvet S.) 203, 519
Колье (Collier P.) 83
Кольрауш О. (Kohlrausch O.) 84
Комес О. (Comes O.) 462, 469, 476
Кон Ф. (Cohn F.) 213, 222, 371, 385, 405, 407, 408, 433
Коник 31
Конклер К. (Cauncler C.) 138
Контенжан Ш. (Contejean C.) 85
Коренвиндер Б. (Corenwinder B.) 71, 186, 190, 347, 498
Корман (Kormann) 163
Корню М. (Cornu M.) 373, 436
Косман К. Ф. (Kosmann C. Ph.) 184
Коссель А. К. Л. М. Л. (Kossel A. K. L. M. L.) 378
Кошен Д. (Cochin D.) 413—415
Крабе Г. (Krabbe G.) 393
Крамер К. (Cramer C.) 60
Краус Г. (Kraus G.) 22, 70, 167, 312, 317, 328, 349, 352, 353
Краус К. (Kraus C.) 23, 328, 523
Краух К. (Krauch C.) 149, 184, 202
Кребс Г. (Krebs G.) 339—341
Крейслер У. (Kreusler U.) 284, 286, 287
Крокер 22
Крутицкий П. (Krutizky P.) 451—453
Круч Г. (Krutzch H.) 112, 192
Крюгер Г. (Crüger H.) 126—128
Кундт А. (Kundt A.) 353
Кюлленберг П. (Küllenberg P.) 101, 106
Кюн Г. (Kühn G.) 251, 259
Кюнеман Г. (Kuhnemann G.) 22, 70
Кютцинг Ф. Т. (Kützing Fr. T.) 126, 138, 339

Лангребе (Langrebe) 333
Ландрен Э. (Landrin Ed.) 178, 186, 189
Ланесан Ж. (Lanessan J.) 481
Ласпейрес Г. 88
Лев О. (Löw O.) 546
Лев Э. (Loew E.) 221, 387
Лезеке А. (Losecke A.) 420
Лейдхекер А. (Leydheker A.) 257
Лейтгеб Г. (Leitgeb H.) 444
Леклерк А. (Leclerc A.) 87, 104, 158
Ленсен (Lenssen) 130
Лепле 21
Лефорт Ж. (Lefort J.) 34
Лешартье Ж. (Lechartier G.) 89
Либих Ю. (Liebig J.) 7, 31, 84, 88, 90, 144, 229, 244, 317, 443
Ливаш А. (Livache A.) 484
Линдерос 27
Линней К. (Linné K.) 12
Листер А. (Lister A.) 218
Лооз Дж. Б. (Lawes J. B.) 296, 302, 304, 453, 454
Лори Ш. (Lory Ch.) 215, 284, 374
Лоссен 34
Лук Э. (Luck E.) 373
Луканус Б. (Lucanus B.) 250, 251, 254, 255, 259, 260, 265
Людвиг Ф. (Ludwig Fr.) 235, 236
Людоговский А. П. 120, 122, 123, 235, 242
Люка С. (Luca S.) 16, 197, 421
Лясковский Н. (Laskovsky N.) 155, 169, 170, 173, 199

Мадинье (Madinier) 101
Мазюр Ф. С. С. (Masure F. C. S.) 455
Макен Л. (Maquenne L.) 314, 317, 345
Малагути Ф. Ж. (Malaguti F. J.) 90—93, 175
Мальпиги М. (Malpighi M.) 494, 495
Маньен Л. (Magnien L.) 484
Мари-Дави (Marie-Davy H.) 457
Маркиз 34
Мартине Ж. Б. (Martinet J. B.) 72
Мах Э. (Mach E.) 196
Машке (Maschke) 57
Мейен Ф. Ж. Ф. (Meyen F. J. F.) 236
Мейер А. (Mayer A.) 26, 173—177, 186—188, 284, 286, 306, 307, 317, 333, 334, 379, 386, 395, 398, 418
Мейер Л. (Meyer L.) 32, 34 199, 408
Мейзель Э. (Meusel E.) 408
Мек-Неб В. Р. (Mac-Nab W. R.) 520, 521
Мельников П. (Melnikoff P.) 197
Менье Ф. (Meunier F.) 85
Мер Э. (Mer E.) 481, 482
Мерже А. (Merget A.) 446, 489, 490
Меркаданте М. (Mercadante M.) 197
Меркер М. (Märcker M.) 388
Мерме А. (Mermet A.) 88
Метцдорф (Metzdorf) 106
Мика К. (Mika K.) 48
Микели М. (Micheli M.) 367
Микель П. (Miquel P.) 403, 407
Микош К. (Mikosch K.) 310, 324
Мильз 35

Миттенцвей (Mittenzwei) 105
Митчерлих Э. (Mitscherlich E.) 35, 83, 377, 388
Молиш Г. (Molisch H.) 137, 138
Молль И. В. (Moll J. W.) 316
Моль Г. (Mohl H.) 50, 52, 64, 65, 126, 127, 310, 328, 333, 446, 466
Монтеверде Н. Н. 125
Муасан Н. (Moissan H.) 186–189, 191, 197,
Мульдер Г. И. (Mulder G. I.) 52, 310
Мускулус Ф. (Musculus F.) 404, 415
Мучлер К. (Mutschler C.) 83
Мюллер Г. (Müller G.) 17, 77
Мюллер И. (Müller I.) 79, 105
Мюллер Н. И. К. (Müller N. I. C.) 49, 289, 343—345, 356—359, 446, 447, 449, 450, 457, 458
Мюллер-Тургау Г. (Müller-Thurgau H.) 194, 196, 335
Мюнтц А. (Müntz A.) 154, 161, 162, 383, 402, 409, 410, 416, 417, 421

Найт Т. А. (Knight T. A.) 495, 496
Негели К. В. (Nägeli K. W.) 45, 46, 53, 55, 60, 144, 197, 222, 229, 339, 377–379, 381, 386–388, 390–392, 395, 397, 398, 403, 412, 416, 417, 436
Нейбауер К. (Neubauer C.) 119, 196, 506, 510, 511
Ненцки М. (Nencki M.) 382
Нигль М. (Niggl M.) 45
Ноббе Ф. (Nobbe F.) 138, 250—252, 254, 256, 258, 264, 466, 469

Олерт Э. (Ohlert E.) 439
Онгстон Дж. Г. (Ongston G. H.) 100, 105, 107

Пастер Л. (Pasteur L.) 7, 190, 216–219, 222, 224–227, 229, 376–379, 381, 382, 385–387, 395, 396, 400—406, 411, 412
Пахер И. (Pacher J). 476
Паэн А. (Payen A.) 50, 126, 148, 256, 377
Педерсен Р. (Pedersen R.) 398
Пелетье Ж. (Pelletier J.) 32
Пелиго Э. (Peligot E.) 86, 201
Пелле А. (Pellet H.) 125
Пелуз 18
Пель 22, 70
Пенциг О. (Penzig O.) 356
Пертюи (Pertuis) 96
Петерман А. (Petermann A.) 101
Петерс Э. (Peters E.) 155, 163, 169, 170, 443
Петерсен П. (Petersen P.) 263
Пети А. (Petit A.) 72, 196
Петтенкофер 32
Петтер К. (Petter K.) 94
Пецолд (Petzold) 29, 76
Пинкус Д. (Pincus D.) 103
Питра А. (Pitra A.) 214, 444, 521–523
Плашно Э. (Planchau E.) 408
Полак А. (Pollak A.) 83
Польстдорф Л. (Polstdorff L.) 244
Понселе 340
Поп 21
Попов Л. (Popoff L.) 406, 407
Портеле К. (Portele C.) 196
Портес Л. (Portes L.) 145
Потт Р. (Pott R.) 104, 107, 109, 242
Пошон А. (Pauchon A.) 168
Празмовский А. (Prazmowski A.) 405
Прейссе К. (Preusse C.) 23
Приллье Э. (Prillieux E.) 64, 66, 215, 292, 348, 366, 374, 480, 481
Прингсгейм Н. (Pringsheim N.) 283, 284, 317, 319, 349, 352, 360–363
Пристлей Дж. (Pristley J.) 267, 336
Проктер 34
Прянишников И. М. 279, 280, 284–286
Пулье 342, 343
Пульзен Ф. А. (Poulsen V. A.) 72, 134
Пфейль Т. (Pfeil Th.) 196
Пфеффер В. (Preffer W.) 7, 47, 51, 54—57, 88—90, 153, 163, 168, 231, 234–236, 273, 289, 292, 334, 356, 358, 360, 364, 368, 434, 435, 437, 477, 497, 539
Пфицер Э. Г. Г. (Pfitzer E. H. H.) 131, 132, 520, 521
Пфлюгер Э. Ф. В. (Pflüger E. F. W.) 236, 546
Пэг Э. (Pugh E.) 296, 302, 304

Рабе Г. (Rabe H.) 257
Радекопфер Л. (Radekopfer L.) 55
Рамей Э. (Ramey E.) 477
Ранкин 340
Рауенгоф Н. В. П. (Rauwenhoff N. W. P.) 65, 178, 179
Раутенберг Ф. (Rautenberg F.) 251, 259
Рафено-Делиль А. (Raffenau-Delile A.) 235, 488, 489
Рачинский С. А. 79, 80
Регель Л. (Regel L.) 393
Регель Э. (Regel E.) 214
Реес М. (Reess M.) 210, 213, 219
Рейнке И. (Reinke I.) 72, 215, 295, 317–319, 374, 375
Рейхардт О. (Reichardt O.) 59, 195, 503
Религ И. (Röllig I.) 103
Риде Дж. Б. (Reade J. B.) 126
Рисмюллер Л. (Rissmüller L.) 498, 499
Риссе (Risse) 89
Риттер Ф. (Ritter F.) 107
Ритхаузен Г. (Ritthausen H.) 36, 37, 41, 87, 163, 541
Ричардсон Дж. Ж. (Richardson J. G.) 103, 104, 109

Ришави Л. А. (Rischawi L. A.) 176, 177, 180, 188
Робике Ж. П. (Robiquet J. P.) 153
Ровней Т. (Rowney Th.) 115
Роде К. (Rode C.) 87
Розанов С. М. (Rosanoff S. M.) 127, 128, 134, 336, 338, 339
Ролен Ж. (Raulin J.) 384
Ролло Ж. (Rollo J.) 171
Роско Г. Э. (Roscoe H.) 323
Ротонди Э. (Rotondi E.) 103, 104
Рохледер Ф. (Rochleder F.) 17, 32
Ру П. П. Э. (Roux P. P. E.) 400
Руссиль А. (Roussille A.) 197

Сабанин А. (Sabanin A.) 199
Сакс Ю. (Sachs J.) 7, 9, 89, 153, 162, 193, 194, 199, 249, 250, 279, 289, 290, 292, 306, 307, 311, 321, 326, 327, 329, 344, 363, 371, 374, 437, 442, 454, 462, 463, 469, 470, 484, 485, 487, 492–494, 497, 507, 510, 520, 521, 523, 525, 527, 531—533, 542–544
Саксе Р. (Sachsse R.) 41, 57, 154, 155, 158—160, 163, 164, 355, 356, 359, 362
Сальм-Горстмар Ф. (Salm-Horstmar F.) 85, 89, 244, 245
Санио К. (Sanio C.) 49, 131, 132, 184
Сант-Андре Э. (Saint-Andre E.) 203
Сарториус К. (Sartorius C.) 507
Сейнес Ж. (Seynes J.) 219
Сенебье Ж. (Senebier J.) 267, 268
Сименс Ч. В. (Siemens Ch. W.) 314
Симон Э. (Simon E.) 101
Соколов Н. (Sokoloff N.) 84, 85
Сольмс-Лаубах Г. (Solms-Laubach H.) 132, 214, 444, 445
Сорауер П. К. М. (Sorauer P. C. M.) 60, 66, 252, 463, 464, 466, 469, 470, 474, 476
Сорокин Н. В. 125
Соссюр Н. Т. (Saussur N. Th.) 7, 81, 82, 96, 99, 126, 137, 155, 171, 177, 179, 186, 188, 198, 199, 203, 232, 244, 268, 270, 272–274, 295, 296, 347, 440, 441
Спаланцани Л. 216
Сталь Э. (Stahl E.) 366—368, 371, 450, 474, 475
Стенхуз 35
Стокес Дж. 355
Страсбургер Р. (Strasburger R.) 53, 371
Струве 126
Суттер 124
Сушей А. (Souchey A.) 30
Сюлливан К. (O'Sullivan C.) 154

Тангль Э. (Tangl E.) 79, 436
Терель А. (Terreil A.) 100
Тимирязев К. А. (Timiriaseff C. A.) 269, 289, 292, 344, 349, 352, 356—360, 363
Томс Дж. (Toms G.) 138
Торей 34
Траубе М. (Traube M.) 229, 395, 413, 493
Тревиранус Л. Х. (Treviranus L. Ch.) 137, 518
Трейб М. (Treub M.) 128
Трейман 35
Трекюль А. (Trecul A.) 55, 355, 356
Тринхинетти А. (Trinchinetti A.) 441
Тюлан Л. Р. (Tulasne L. R.) 235

Убальдини 443
Удеманс А. К. (Oudemans A. C.) 178, 179
Уе Дж. Т. (Way J. Th.) 100, 105, 107, 443
Улот В. (Ulot W.) 60
Ульбрихт У. (Ulbricht U.) 120, 121, 123, 242
Умлауфт В. Л. (Umlauft W. L.) 153, 163, 164
Унгер Ф. (Unger F.) 7, 11, 12, 445, 446, 453, 454, 461, 466, 469, 476–481, 521
Урих А. (Urich A.) 163, 164, 201, 202

Фабр Ж. Г. (Fabre J. H.) 235, 236
Фаминцын А. С. (Famintzin A. S.) 7, 136, 165, 194, 195, 279, 312, 314, 321, 337, 365, 371, 502
Фан-Бек А. (Van Beek A.) 193
Фан дер Гарст (Van der Harst L. J.) 150
Фан-Тигем П. (Van Thieghem Ph.) 55, 146, 147, 293, 339, 384, 385, 402, 403, 407
Фарски Ф. (Farsky F.) 257
Февр Е. (Faivre E.) 320
Фелкер 443
Фехтинг Г. (Vöchting H.) 134
Фиттбоген И. (Fittbogen I.) 95, 100, 120, 241, 242, 244–247
Фитц А. (Fitz A.) 228, 400, 401, 406–408, 412
Флаго Ш. (Flahau Ch.) 327
Флейшер М. (Fleischer M.) 119
Флейшман В. (Fleischmann W.) 457
Флери Г. (Fleury G.) 171
Флиш (Fliche) 114, 115, 117
Флюкигер Ф. А. (Flückiger F. A.) 17, 39, 77
Фогель А. (Vogel A.) 46, 80, 419
Фойт К. (Voit K.) 543, 544
Фоке В. О. (Focke W. O.) 88
Форхгамер Г. (Forchhammer G.) 88—90, 94, 95
Франк А. Б. (Frank A. B.) 64, 361, 366
Франкланд 210
Фрезениус 85
Фрейберг Э. (Freyberg E.) 204
Фреми Э. (Fremy E.) 38, 39, 349—352, 404
Фриз Т. М. (Fries Th. M.) 236
Фризе В. Г. (Vriese W. H.) 199, 333, 334
Фритче Г. (Fritsche H.) 103
Фроман К. Ф. (Frommann C. F.) 51

Фрюлинг К. (Früling K.) 124
Фунаро А. (Funaro A.) 197

Хампе Н. (Hampe N.) 259–261
Хлазивец Г. (Chlasivetz H.) 152
Хомяков М. 414, 415
Хорнбергер 16

Целестин Г. (Cölestin H.) 70
Целлер П. (Zöller Ph.) 116, 388, 499
Ценгер (Zenger H.) 86
Ценковский Л. (Cienkowski L.) 222, 424, 426
Церлетти К. Б. (Cerletti C. B.) 196
Циммерман О. Э. Р. (Zimmermann O. E. R.) 419, 420
Цише Г. (Zschiesche H.) 86, 95
Цопф 222

Чаплович Ф. (Tschaplowitz F.) 481, 482
Черч А. Г. (Church A. H.) 87

Шафер Ф. (Schaffer Fr.) 387
Шахт Г. (Schacht H.) 437
Шванн Т. (Schwann Th.) 12
Швенденер С. (Schwendener S.) 446
Шевандье Э. (Chevandier E.) 43, 343
Шевен 246
Шейблер 23
Шеле К. В. (Scheele C. W.) 88
Шелль Ю. К. (Schell J.) 29, 49, 53, 76, 329
Шенбейн К. Ф. (Schönbein C. F.) 123, 124
Шенбродт 33, 34, 35
Шимпер А. Ф. В. (Schimper A. F. W.) 52, 310, 311
Шлейден М. И. (Schleiden M. I.) 339, 505
Шлезинг Ж. Ж. Т. (Schloesing J. J. T.) 35, 124, 125, 306, 307, 383, 409, 410
Шлезингер Р. (Schlesinger R.) 80
Шлосбергер 377
Шмегер М. (Schmöger M.) 333
Шмидеберг О. (Schmiedeberg O.) 58
Шмидт К. (Schmidt C.) 26, 311, 478
Шмитц (Schmitz) 199
Шотар Ж. (Chautard J.) 153
Шредер И. (Schroeder I.) 186, 250, 258, 507, 510–513
Шредер Л. (Schröder L.) 112—114, 117, 158
Шретер (Schröter) 407
Штафель Е. (Staffel E.) 113, 116
Штер А. (Stöhr A.) 310, 311, 324, 328
Штоман Ф. (Stohmann F.) 250–252, 255, 259, 443
Штрель Р. (Strehl R.) 167
Штуцер А. (Stutzer A.) 44, 331–333, 388, 389
Шульц А. (Schulz A.) 84, 383
Шульц Г. (Schulz H.) 108, 109
Шульц-Флеет (Schulz-Fleeth) 94
Шульце Ф. (Schulze F.) 59, 484
Шульце Э. (Schulze E.) 145, 151–155, 158, 163, 164, 200—203
Шумахер В. (Schumacher W.) 431, 432
Шюблер Г. (Schübler G.) 192
Шютц Э. (Schütz E.) 34
Шютце В. (Schütze W.) 118
Шютценбергер П. (Schützenberger P.) 36, 151, 152, 284, 397

Эдер К. (Eder C.) 457, 462, 466, 476
Эйхгорн К. Г. А. (Eichhorn C. H. A.) 145
Эльфинг Ф. (Elfving F.) 330
Эме Г. (Aime G.) 336
Эмери Г. (Emery H.) 345
Эммерлинг А. (Emmerling A.) 335
Энгельман Т. В. (Engelmann T. W.) 293, 294
Эрдман И. (Erdmann I.) 34, 43, 44, 250, 258
Эриксон И. (Eriksson I.) 412
Эрнст А. (Ernst A.) 477

Юст И. Л. (Iust J. L.) 331

УКАЗАТЕЛЬ РАСТЕНИЙ [1]

Ablies Mill. 18, 328
A. excelsa DC. [Picea abies (L.) Karst.] 31, 112, 456
A. pectinata DC. 31, 68, 525, 526
Acacia (Acacia Mill.) 23
A. heterophylla Willd. 522
Acer L. 31, 327, 508
A. campestre L. 80, 97, 112, 503
A. montanum (A. pseudoplatanus L.) 456
A. platanoides L. 113, 184, 185, 187, 456
A. pseudoplatanus L. 191, 498
A. saccharinum L. 21, 505, 506
A. tataricum L. 460
Acetabularia Lamx. 137

[1] Составлен сотрудником кафедры высших растений Биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова А. Г. Девятовым. В скобках даны современные названия растений.

A. mediterranea Lam. 56
Achillea millefolium L. 24, 27
A. moschata Jaq. 39
Achras sapota L. [Manileara sapota (L.) Van Royen] 22
Acontum Anthara L. (A. anthara L.) 33
A. Lycoctonum (A. lycoctonum L.) 73
A. Napellus L. (A. napellus L.) 27, 33
A. paniculatum Lam. 33
A. Staerkianum Reicht. (Aconitum cammarum L.) 33
A. variegatum L. 27, 33
Acorus calamus L. 18, 27
Adanis vernalis L. 27
Aechmea fulgens 478
Aesculus L. 70
A. hippocastanum L. 31, 80, 113, 130, 184, 186—188, 191; 197, 282, 476, 486
Aethalium septicum [Fuligo septica (Link) Gmel.] 22
Agapanthus umbellatus L'Herit. 445
Agaricus [2] (Agaricus L: Fr. S. amplissimo) 235, 238
A. campestris L.: Fr. 85, 421
A. Cantharellus (Cantharellus cibarius Fr.) 85
A. deliciosus Schaeff. [Lactarius deliciosus (L.) Fr.] 29
A. gardneri 235, 237
A. igneus (Hupholoma pyrotrichum Fr.) 237
A. muscarius L. [Amanita muscaria (L.: Fr.) Hook] 26, 36
A. Hoctilucens 235
A. olearius [Plenrotus olearius (DC.) Fr.] 235, 236
A. Oreadus Bolten. [Marasmius oreades (Bolt.: Fr.) Fr.] 420
A. piperatus Bolt. (Suillus piperatus) 26
A. Russula Bolt. [Tricholoma russula (Schaeff.) Tratt.] 29
A. tomentosus Bolt. (Coprinus cinereus) 26
Agave L. 507
A. americana L. 27, 188, 506
Ailanthus L. 72
Ajuga genevensis L. 445
Aldrovanda vesiculosa L. 205
Allamanda neriifolia 73
Allium L. 53, 68, 437
A. cepa L. 110, 130, 202, 327
A. cepa rosea (A. cepa L.) 104
A. porrum L. 93, 104
A. sativum L. 20
Alnus Mill. 185
A. glutinosa (L.) Gaertn. 185, 503
A. incana (L.) Moench. 503
Aloe L. 39, 98
A. retusa [Haworthia retusa (L.) Duval.] 131
A. verrucosa (Gasteria verrucosa Duval.) 67
Althaea L. 23
Amaranthus caudatus L. 347
Amaryllideae (Amaryllidaceae Jaume) 73
Amaryllis formosissima [Sprekelia formosissima (L.) Merb.] 445
Amelanchier vulgaris (A. ovalis Medik.) 185
Amentaceae (Fagales+Juglandales Engler) 91, 92
Amorphophallus rivieri Durieu. 478
Ampelopsis Méchx. 368
A. hederaceae DC. 80
A. quinquefolia Mich. 23, 26
Amygdalaceae (Rosaceae Juss. subfam. Prunoideae Foske) 72, 80
Amygdalus amara L. 31
A. communis L. 144
A. communis L. var. amara (A. communis L.] 20, 144
A. persica L. (Persica vulgaris Mill.) 27, 31, 73, 144
Anamirta Coculus W. (A. paniculata Collbr.) 40
Anethum Foeniculum L. (Foeniculum vulgare Mill.) 19
Angelica archangelica L. 21, 25
A. sativa Mill. (A. archangelica L.) 27
Angraecum fragrans (A. fragrans Thou.) 28
Anthemis nobilis L. 24, 25
Anthoxanthum odoratum L. 28
Anthriscus cerefolium Hoffm. 19
Anthurium sellovum Kunth. (A. sellowianum Kunth.) 134, 135
Antirrhinum majus L. 194
Apocynum L. 72
Aquilegia pyreniaca L. 73
Arachis L. 54
A. hypogaea L. 20, 25, 30
Arbutus unedo L. 69
A. Uva ursi L. [Arctostaphylos uva-ursi (L.) Spreng.] 31
Archangelica officinalis (Angelica archangelica L.) 484
Arctostophylos Ursi Spr. [A. uva-ursi (L.) Spr.] 28
Arenaria media (Spergula pentandra L.] 86, 95
Arenga saccharifera Labil. 21

[2] В настоящее время разбит на несколько родов.

Argemone mexicana Tourn. (Argemone mexicana L.) 32
Aristolochia L. 29
Arnica montana L. 24, 25, 36
Aroideae (Araceae Juss.) 198, 199, 478
Arthemisia absinthiurn L. 26
A. Cina Berg. (A. cina Berg. ex Toljak.) 40
A. contra s. A. Vahliana Kastel. (A. vahliana Kastel.) 40
A. Dracunculus L. [Oligisporus dracunculus (L.) Poljak.] 19
A. pauciflora Stechn. (A. pauciflora Web.) 40
A. sieberi Bess. 40
Arum Dracunculus (Dracunculus vulgaris Schott.) 198, 199
A. maculatum L. 87, 198, 199, 236, 237
Arundo Phragmites [Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stend] 100
Asarum europaeum L. 19, 78
Asclepiadeae (Apocynaceae Juss. [3]) 496
Asclepias L. 59
Ascomycetes 220
Asparagus L. 30
A. officinalis L. 192, 256
Aspergillus (Aspergillus Micheli.) 375
Aspergillus Link. 221, 226, 400, 402
A. glaucus Link. 401
A. niger Van Tiegh. 59, 220, 384, 402, 410
A. ochraceus Wilhelm. 59
Asperula odorata L. [Galium odoratum (L.) Scop.] 28
Aspidium filix mas Sw. [Dryopteris filix-mas (L.) Schott.] 20
Astragalus L. 23, 64, 65, 327, 445
A. creticus Lam. 23, 65
A. cristatus (A. pentaglottis L.) 65
A. gummifer Labill. 65
A. parnassii Boiss. 23
A. verus Oliv. 23, 65
Athamantha oreoselinum L. [Peucedanum oreoselinum (L.) Moench.] 25, 39
Atriplex hortensis L. 347, 509
Atropa Belladona L. (A. bella-donna L.) 25, 34, 461
Aucuba japonica Thunb. 146, 461
Avena sativa L. 182, 244, 251, 300, 303

Bacillus Cohn. 222, 228
B. amylobacter (Clostridium butyricum Prazm.) 407
B. subtilis (B. cereus Frank.) 224, 405
Bacteridium prodigiosum (Serratia marcescens Bizio) 407
Bacterium (Bacterium Ehrenberg) 222, 407
B. Termo cohn [B. termo (Mueller)] 223, 293, 407
Baeomyces roseus Pers. 393
Balanophoreae (Balanophoraceae L. C. et A. Richard) 67, 215, 375
Ballota nigra L. 478
Balsamodendron brevifolium Philipi. (Caesalpnia brevifolia Baill.) 29
Bambusa Schreb. 359
B. arundinaceae Gamble. 282, 314
B. onitis (Bambusa sp.) 478
Batrachospermum Roth. 348
Beggiatoa (Beggiatoa Trevisan) 408
Begonia heracleifolia (B. heracleifolia Cham. et Schlecht.) 130, 131
B. manicata (B. manicata Cels ex Vis) 462
Berberis vulgaris L. 33
Bertholletia (Bertholletia Humb. et Bonpl.) 58
B. excelsa (B. excelsa Humb. et Bonpl.) 38, 56
B. incana (Bertholetia sp.] 20
Beta vulgaris L. 21, 36, 70, 98, 105, 106, 110, 249, 251, 329, 460
B. vulgaris var. saccharifera (B. vulgaris L. var. altissima Roessig.) 316
Betula L. 185, 508, 513
B. alba L. 61, 80, 113, 114, 185, 456, 503, 522
B. germanica (Betula sp.) 506
B. lenta L. 19, 506
B. lutea Michx. 506
Bixa orellana L. 39
Bletia Tankervilliae R. Br. (Phaius grandiflorus Lour) 31
Boletus annulatus [Suillus luteus (L.: Fr.] S. F. Gray] 85
B. aurantiacus [Leccinum aurantiacum (Bull.: Fr.) S. F. Gray] 85
B. edulus Bull. (B. edulus L.: Fr.) 29, 84, 85
B. luteus L. [Suillus luteus (L.: Fr.) S. F. Gray] 29
B. pseudoignarius Bull. [Inonotus pseudoignarius (Bull.)] 26
Borragineae (Boraginaceae Juss.) 66, 92
Borrago 137
Bovista Pers. 428
Brassica L. 193, 331, 455
B. campestris L. 20, 30
B. cretica Lam. 479
B. napus L. 93, 183
B. Napus oleifera (B. napus L.) 154, 160, 162

[3] Только в данном случае.

B. oleifera (B. napus L.) 197
B. oleracea L. 21, 68, 93, 107, 122, 303, 305, 509
B. oleracea capitata L. (B. oleracea L. var. capitata L.) 107
B. oleracea var. caulocarpa (B. oleracea L. var. gonglyoides L.) 107
B. oleracea gongyloides (Brassica oleracea L. var. gongyloides L.) 460
B. rapa L. 445, 461
B. rapa oleifera (Brassica rapa L. var. oleifera DC.) 82, 85
B. rapa rapifera 107, 108
Bromeliaceae Juss. 477, 478
Bromus Schraderi (B. unioloides H. B. K.) 100
Brosimum gelactodendron D. Don. 77
Brunoniaceae Dumort. 22
Bryonia dioica L. (B. dioica Jacq.) 39, 73
Bryophyllum calycinum 333
Bryopsis balbisiana Lamour. 56
Buxus arborescens (B. sempervirens L.) 328
B. sempervirens L. 92
Byllis gygantea Lindl. 205

Cacteae (Cactaceae Juss.) 29, 61, 134
Cactus opuntia (Opuntia vulgaris Mill.) 188, 296
Caesalpinia brasiliensis Sw. 39
C. coriaria Willd. 28
C. echinata Lam. 39
C. Sappan L. 39
Calamus rotang L. 83, 127
Calanthe veratrifolia R. Br. [C. veratrifolia (Willd.) R. Br.] 31
Calendula officinalis L. 233
Calliandra Saman. (Pithecolobium Saman Bent.) 477
Callistephus hortensis Cass. 481
Calluna vulgaris Salisb. [C. vulgaris (L.) Hull] 31, 74, 93
Campanulaceae Juss. 22
Campanula lamiifolia (C. alliariaefolia Willd.) 22
C. pyramidalis L. 22
Camphora officinarum Nees. [Laurus camphora L.; Cinnamomum camphora (L.) Nees. et Eberm.] 18
Canella alba Murr. 24
Canna aethiopica (Canna sp.) 461
C. aurantiaca (C. aurantiaca Tineo ex Tod.) 146
C. heliconiaefolia (C. heliconiaefolia Hort. Berol ex Bouche) 47
C. spectabilis (C. spectabilis Bouche) 47
Cannabis sativa L. 149, 154
Capsella Bursa Pastoris [C. bursa-pastoris (L.) Medik] 332
Caragana arborescens Lam. 185
Carduus L. 88
C. acanthoides L. 88
C. candicans Wals st. et Kit. 88
C. crispus L. 88
C. personata L. 88
Carica papaya L. 184
Carpinus L. 16, 508, 513
C. betulus L. 87, 96, 115, 456, 524
Carthamus tinctorius L. 39
Caryophylleae (Caryxophyllaceae Juss.) 92
Caryophyllus aromaticus L. [Sysygium aromaticum (L.) Merrill et Perry] 18, 24
Caryota urens L. 128, 129
Cascinium fenestratum Colebr. 33
Castanes vesca (Castanea sativa Mill.) 127, 345
Caulcrpa Lamour. 437, 438
Caultneria procumbens L. 329
Cecadeae 55
Celosia coccinea 329
Celtis L. 137, 327
C. orientalis [Sorbus torminalis (L.) Granz.] 138.
C. tournefortii Lam. 127
Centaurea montana Georgi. 73
Cephaelis Ipecacuana Willd. [C. ipecacuana (Brot.) A. Rich.] 36
Cephalanthera Rich. 375
Cephalaria procera Fisch. 70
Cephalotus follicularis Labill. 205
Cephatoteae (Cephatotaceae Dumort.) 205
Ceramium rubrum (C. virgatum Roth) 94
Cerastium triviale (C. holosteoides Fries) 328
Cerasus avium (L.) Moench 115
Ceratonia siliqua L. 24, 127
Ceratophyllum L. 293
Cercis siliquastrum L. 316
Cerinthe 137
C. maior 137
Ceroxylon andicola H. et B. 67
Cetraria Ach. 23
C. islandica (L.) Ach. 23, 26
Chaerophyllum bulbosum L. 21
Chamaecyparis obtusa var. congesta 328
Chamaedorea elatior Mart. 280, 281, 283
Ch. graminifolia Wendl. 282
Ch. humilis 128
Ch. schiedeana Mart. 68
Chara (Chara Vaill.) 93, 96, 137, 362
Ch. foetida (Ch. foetida A. Br.) 94
Ch. hispida L. 16
Ch. vulgaris Kütz. (Ch. vulgaris L.) 16
Chavica officinarum Miq. (Piper retrofractum Vanl.) 35
Ch. Roxburgii Miq. (P. longum L.) 35

Cheiranthus annuus (Mattiola annua (L.) R. Br.] 54
Ch. cheiri L. 194
Chelidonium majus L. 28, 32
Chenopodium maritimum [Suaeda maritima (L.) Dumort.] 95
Ch. viride (Ch. album L.) 441
Ch. vulgaris L. 36
China nova surinamensis 28
Chlorococcum infusionum [Ch. infusionum (Schrank) Meneghini] 337
Chorda fluminis 94
Chrysanthemum coronarium L. 509
Ch. segetum L. 86
Chrysobalaneae (Chrysobalanceae R. Br.) 127
Cicer L. 74
Cichorium Intybus L. 21, 108–110
Cicuta virosa L. 17, 29
Cinchona L. 33, 77
C. Calisaya var. vera Wedd. (C. calisaya Wedd. var. calisaya) 33
C. condaminea Hl. 33
C. pahudiana 77
C. scrobiculata (C. scrobiculata Humb. et Bonpl.) 77
Cinnamomum aromaticum Nees. 28
C. Laureirii Nees. (C. laurerii Nees.) 28
C. Zeylanicum Nees. (C. zeylanicum Blume) 24, 28
Cursium Mill. 88
C. bulbosum DC. 88
C. canum M. B. [C. canum (L.) All.] 88
Cissus quinquefolia Desf. 89
Citrus aurantium L. 27, 47, 115, 455
C. Bergamia Risso. (C. bergamia Risso et Poit) 18
C. Bigaradia (C. aurantium L.) 47
C. decumana (C. grandis Osb.) 47
C. Limetta (C. limetta Riso) 47
C. Limonum Riss. [C. limon (L.) Burm.] 18
C. medica L. 18, 27
C. vulgaris Risso. (C. aurantium L.) 131, 133
Cladonia (Cladonia Teill ex Wigg.) 23
Cladophora fracta Kutz. 421
C. glomerata (L.) Kutz. 94
C. prolifera Ag. 56
Clathrocystis rosea persinica [Lamprocystis roseopersinica (Kutz.) Schroeter] 408
Clavaria flava Schff. 84
Claviceps purpurea Tul. 84
Clostridium (Clostridium Prazm.) 405
C. butyricum Prazm. 405
Cocculus palmatus L. [Jatrorrhisa palmata (Lam.) Miers.] 33, 39
Cochlearia armoracia vulg. [Armoracia rusticana (Lam.) Gaerth.] 109
C. officinalis L. 24
Cocos nucifera L. 25
Codium bursa (L.) Ag. 56
Coelocline Polycarpa DC. 33
Coffea arabica L. 36, 144
Coix L. 68
Colchicum autumnale L. 34
Collinsia bicolor Benth. 73
Colocasia antiquorum [C. esculenta (L.) Schott] 479, 480
C. odora [Alocasia macrorrhiza (L.) Schott.] 198, 199
Colutea L. 29
C. Arborescens L. 484
Combretaceae R. Br. 136
Commelina L. 134
Compositae Giseke. 22, 92
Conferva L. 337
C. rivularis 16
Coniferae (Pinopsida subcl. Pinidae) 70, 91–93, 132, 185
Conium maculatum L. 34, 35
Copernicia (Corypha) cerifera (C. cerifera Mart.) 26, 67
Coprinus ephemerus Fr. 393
C. niveus Fr. 393.
C. niveus Fr. 393
Coptis teeta Wall. 33
Corallina officinalis L. 16
Corallineae (Corallinaceae Lamour) 137
Corallorhiza Chatel. 23, 215, 373, 375
Cornus mascula L. (C. mas L.) 31
Coronilla montana Scop. 73
Corydalis bulbosa DC. [C. solida (L.) Clairv.] 26
C. tuberosa [C. cava (L.) Schweigg.] 73
Corylus avellana L. 80, 96, 97, 115, 503
Crassulaceae DC. 92, 317, 333
Crassula arborescens Mill. 333
C. Cotyledon (C. arborescens Mill.) 188
Crataegus monogyna Jacq. 36, 187
C. oxyacantha L. (C. curvisepala Lindm.) 36, 184, 453
C. sanguinea Tall. 185
Crepis foetida L. 28, 31
Crocus L. 193
C. vernus (L.) Hill. 327
Croton Tiglium Klotsch. (C. tiglium L.) 25, 27
Cruciferae Juss. 91, 92, 478
Cubeba Clusii Miq. (Piper guineenase Schum. et Fhonn.) 35
Cucurbita L. 193
C. pepo L. 73, 194, 316, 460
Cuminum cyminum L. 17, 29
Curcuma longa L. 39
Cuscuta L. 375
C. europaea L. 215
Cyathea arborea Sm. 72

Cycas revoluta Thumb. 130
Cydonia vulgaris Pers. (C. oblonga Mill.) 31, 191
Cylicodaphne sebifera Bl. [Litsea sebifera (Bl.) Pers] 25
Cynamomum zeylanicum Nees. (C. zeylanicum Blame)
Cynara scolymus L. 100
Cynoglossum L. 23, 56
Cyperaceae Juss. 92, 127
Cyperus esculentus L. 192
Cypripedium L. 375
Cyssus antharcticus (Cissus antharctica Vent.) 453
Cytisus L. 29

Dactylis glomerata L. 93
Dahlia variabilis Desf. 22, 30, 462
Darlingtonia californica Torr. 205
Datura arborea L. 34
D. atramonium L. 34
Daucus Carota L. 21, 39, 109
Delesseria sanguinea (Hunds.) Lamour 94
Delphinium consolida L. (Consolida regalis S. F. Gray) 27
D. Requiemi (D. requiemi DC.) 460
D. staphisagria L. 34
Dendrobium pulchellum Roxb. 16
Dentaria bulbifera L. 475
Desmidiaceae (Desmidiales) 371
Desmobacteria 222
Deutzia scabra Thunb. 126, 127, 351
Dianthus caryophyllus L. 68
D. plumaris L. 69
Diatomaceae (Bacillariophyta) 86, 126, 336, 347, 371
Dictamnus Fraxinella (Dictamnus albus L.) 62
Didymium Schrad. 236
D. Leucopsus Fr. 427
Digitalis media Roth. 509
D. purpurea L. 21, 144
Dilleniaceae Salisb. 127
Dionaea L. 208
D. muscicapa (D. muscicapa L.) 205, 206
D. muscipula L. 205, 214
Diosmeae 61
Dipsaceae (Dipsacaceae Juss.) 92
Dipsacus L. 478
D. fullonum L. 477
D. sylvestris (D. fullonum L.) 70
Dipterix odorata Willd. [Dipteryx odorata (Aublet) Willd.] 28
Dracaena (Dracaena Vand.) 132
D. draco L. 132
D. reflexa Lam. 132, 133
Drosera L. 209
D. binata Labill. 205
D. intermedia Hayn. 205
D. longifolia L. 214, 205
D. rotundifolia L. 205, 206, 208–210, 214
Droseracea (Droseraceae Salisb.) 205
Drosophyllum lusitanicum Lk. [D. lusitanicum (L.) Link] 205, 356
Dryobalanops Camphora Coolebr (D. aromatica Gaerth.) 18

Ecbalia (Ecballium Rich.) 68
Ecbalium officinale Nees. (E. elaterium Rich.) 39
Ectocarpus Lyng. 348
E. confervoides (Roth.) Le Folis 338
E. firmus [Pylaiella litoralis (L.) Kjellm.] 338
Elisanthe noctiflora (Silene noctiflora L.) 136
Elodea Michx. 93, 293
E. canadensis Michx. 85, 95, 282, 286, 287, 295, 314
Entelea arborescens R. Br. 462
Enteromorpha compressa Grev. 94
Ephedra L. 132
E. distachya L. 69
Epidendrum ciliare L. 67
Epigaea repens L. 31
Epipactis Zinn. 375
E. microphylla (Ehrh.) Sw. 375
Epiphyllum Haw. 98
Epipogon (Epipogium R. Br.) 23
Epipogon Gmelini [Epipogium aphyllum (F. W. Schmidt) Sw.] 375
Equisetaceae Rich. ex DC. 92
Equisetum L. 16, 27, 85, 127
E. arvense L. 328
E. Telmateja Ehrh. 16, 85
Erica multiflora L. 73
Ericaceae Juss. 19, 92
Ericinae (Ericaceae Juss.) 92
Ervum Lens (Lens culinaris Medik.) 181
Erytroxylon coca Lam. 34
Eschscholtzia californica Cham. 26
Eucalyptus (Eucalyptus L'Herit) 22, 68
E. globulus Sab. (E. globulus Labill.) 17, 19
Euphorbiaceae Juss. 92
Euphorbia canariensis L. 68
E. aplendens Boj. ex Hook. 76
E. helioscopia L. 93
E. lathyris L. 192
Euphrasia L. 214
Evernia prunastri (L.) Ach. 30
E. vulpina (Letharia vulpina Nue) 30
Evonymus Europaeus L. (Euonymus europaea L.) 20, 24, 27, 503

Faba vulgaris equina DC. (Faba bona Medik.) 177
Fagus L. 88

F. sylvatica L. (L. silvatica L.) 36, 115, 116, 127, 138, 345, 456, 498
Fegatella (Concephalus Neck.) 368
Fermentum butyricum (Clostridium butyricum Prazm.) 405
Ferula Asa foetida L. (F. assa-foetida L.) 20, 29
Ficus L. 127
F. cerifena 67
F. elastica L. (F. elastica Roxb.) 18, 76, 127, 135, 137, 462
F. ferruginea Desf. 126
F. rubiginosa Desf. 24
F. sycomorus L. 127
F. trachyphylla Fensl. 127
Florideae (Florideophyceae Lamour) 56, 336, 339, 347, 348
Fragaria L. 73
Frangula Mill. 54
Fraxinus excelsior L. 116, 185
F. ornus L. 21, 191, 421
F. rotundifolia L. (F. rotundifolia Mill.) 21
Fritillaria imperialis L. 73
Fucaceae (Cyclosporophyceae) 336, 339
Fuchsia L. 74, 75
F. globosa Lindl. 481
Fucus L. 88
F. digitatus (Laminaria digitata Lam.) 339
F. nodosus [Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis] 94
F. serratus L. 94, 338
F. vesiculosus L. 88, 94, 338
Fumaria officinalis L. 26
Funaria hydrometrica Hedw. 51
Funkia (Hosta Tratt.) 307

Galeobdolon luteum Huds. 478
Galeopsis ladanum L. 478
G. tetrahit L. 478
G. versicolor Crut. 478
Galium aparine L. 127
G. mollugo L. 28
G. verum L. 475
Gaultheria procumbens L. 18, 28, 31
Genista anglica L. 73
Gehlisea ornata Mart et Benj. 206
Gentiana lutea L. 39
Geoffroya jamaicensis Murr. 33
Geranium acetosum L. [Pelargonium acetosum (L.) Soland.] 26
G. peltatum [Pelargonium peltatum (L.) Soland.] 311
Ginkgo biloba L. 24, 25
Glaucium luteum Scop. 26, 32
Glyceria spectabilis (G. aquatica Wahl.) 275
Goodeniaceae R. Br. 22
Gossypium herbaceum L. 100
Gossypium sp. 20, 72
Gramineae Juss. 21, 85, 91, 92, 126, 127, 354, 446, 478
'Grignolino' [4] 103
Gynerium argenteum [Cortaderia selloana (Schult.) Aschers. et Graebn] 446

Haemanthus puniceus L. 447, 448
Haematoxylon campechianum L. 39
Halimeda opuntia Kütz. 16
Hancornia speciosa Gom. 18
Hartwigia comosa (Chlorophytum sternbergianum Stend.) 469
Hedera L. 29
H. helix L. 62, 204, 367
Helianthus L. 181
H. annuus L. 122, 146, 192, 303, 455, 462, 509, 510, 516
H. tuberosus L. 21, 22, 462, 516, 517
Helleborus foetidus L. 38, 53, 69, 73
H. niger L. 27, 73, 74
Helvella esculenta [Gyromitra esculenta (Pers.) Fr.] 84
Heracleum gyganteum Fisch. (H. villosum Fisch. ex Spr.) 19, 24
H. spondyllum L. 19, 24
Heterocentrum roseum (Heterocentron roseum A. Br.) 134
Hibiscus L. 54
Hiernaria glabra L. 28
Hierochloa borealis Roem et Schult. 28, 83
Hippophae rhamnoides L. 31
Hippuris L. 293
H. vulgaris L. 98
Hordeum vulgare L. 244, 251, 303
Hormiscicum cerevisiae Hans. 21, 22, 83, 84, 219
Hottonia palustris L. 98
Hoya carnosa R. Br. 67, 134
Humulus lupulus L. 18, 25, 36, 61, 101
Hyacinthus L. 193, 437
Hydrangea hortensis Sm. 411, 481
Hydnum L. 428
Hydrastis canadensis L. 33
Hydrocharis Morsus Ranae (H. morsus-ranae L.) 294
Hydrodictium utriculara [Hydrodictyon reticulatum (L.) Lagerh.] 337, 338
Hyoscyamus albus L. 34
H. niger L. 34, 192
Hyphomycetes (Zygomycetes) 220
Hypnum fluitans L. 16

Ignatia amara L. (Strychnos ignatii Berg.) 32, 145

[4] Сорт винограда Vitis vinifera L.

Ilex L. 271
I. aquifolium L. 73, 98
I. paraguensis Lamb. (I. paraguensis St. Hill.) 36
Illicium anisatum L. 19, 27
Imperatoria Ostruthium L. [Peucedanum ostruthium (L.) Koch] 39
Indigofera L. 31
I. tinctoria L. 101
Inula helenium L. 22, 27, 471
Ipomaea purpurea (L.) Roth. 194
Irideae (Iridaceae Juss.) 73
Iris L. 193
I. germanica L. 68
I. pallida Lam. 68
I. pumila L. 54
Isatis tinctorium L. 31
Isonandra Gutta Lindl. (Palaquium gutta Burck.) 18, 76

Jasminium fruticans L. 73
J. grandiflorum L. 73
Jeffersonia diphylla Pers. (J. binate Bart.) 33
Juglans L. 508
J. regia L. 97, 116, 127, 191, 460
Juncaceae Juss. 91, 92
Juncus conglomeratus L. 93
Juniperus L. 328
J. sabina L. 328

Kalmia latifolia L. 307
Kerria japonica (L.) DC. 68, 134
Klopstockia cerifera (Ceroxylon andicola H. et B.) 66, 67
Knautia L. 54

Lactuca L. 16
L. altissima L. 356
L. sativa L. 26
L. virosa L. 26, 75, 88
Laminaria (Laminaria Lamour.) 86, 525
L. saccharina (L.) Lam. 95
Lamium purpureum L. 59
Larix Mill. 18
Larix europeae DC. 22, 31, 187, 327, 421
Laserpitium latifolium L. 39
Lathraea L. 215
L. squamaria L. 55, 59, 215
Lathyrus pratensis L. 74
L. tuberosus L. 88
Lauraceae Juss. 61
Laurus indica [Persea indica (L.) Spreng.] 54
L. nobilis L. 24, 25, 54, 97, 98
L. Pichurium W. (Aydendron laurel Nees.) 25
Lecanora [Lecanora (Ach.) Th. Fr.] 24, 28, 30
L. elegans Ach. [Xantoria elegans (Link) Th. Fr.] 30
Ledum palustre L. 19
Leguminosae (Papilionaceae Giseke) 92, 152
Lemna L. 366
L. minor L. 86
L. trisulca L. 366
Lentibularieae (Lentibulariaceae Rioh.) 206
Leontice thalictroides L. [Caulophyllum thalictroides (L.) Michx.] 33
Leontodon Tarazacum L. (Taraxacum officinale Wigg.) 21, 124
Leonurus cardiaca L. 478
Lepidium L. 181, 300
L. sativum L. 30, 61, 301, 303, 354
Liatris odoratissima Willd. (Trilisia odoratissima Cass) 28
Ligustrum L. 421, 498
L. vulgare L. 73
Liliaceae Juss. 73, 92
Lilium L. 203
L. martagon L. 445
Linosyris vulgaris Cass. ex Less. 475
Linum L. 23, 181
L. usitatissimum L. 61, 101, 149
Liquidambar orientalis Mill. 17, 24, 28
Listera R. Br. 375
Lithospermum 137
L. officinale L. 16
Lobeliaceae R. Br. 22
Lobelia fulgens Willd. 22
L. syphilitica L. 22
Lonicera L. 29
L. tatarica L. 185
Lupinus L. 54, 102, 145, 167, 177, 301, 303, 306
L. albus L. 300
L. luteus L. 30, 101, 102, 145, 152, 163, 334
Lycoperdon Pers. 26, 88, 428
Lycopodium L. 87, 88
L. Billardieri Spreng. 87
L. Chamaecyperissus [Diphasiastrum tristachyum (Pursh.) Holub] 87
L. clavatum L. 87
L. complanatum [Diphasium complanatum (L.) Rothm; Diphasiastrum complanatum (L.) Holub] 16, 87
Lysimachia L. 482
L. nummularia L. 482
L. vulgaris L. 98
Lythrum salicaria L. 296

Maasa (Maesia) picta (Maesa lanceolata Forsk.) 88
Magnoliaceae Juss. 127
Malus Mill. 92
M. acebra (M. acebra Merat.) 116

M. communis (M. domestica Borkh.) 90, 97
Malvaceae Juss. 29, 60
Malva silvestris L. 73
Mangifera gabonsis Aubry-Lec. [Irvingia gabonensis (A.-L.) Baill.] 25
Mangold Longer (Beta vulgaris L.) 105
Mangold Yellow Globe. (Beta vulgaris L. var. flavescens) 105
Marchella conica 84
M. esculenta 84
Melampyrum L. 214
M. arvense L. 373
M. pratense L. 73
Melilotus officinalis L. [M. officinalis (L.) Pall.] 28, 29
M. vulgaris W. (M. albus Desr.) 28
Menispermum canadense L. 508
M. cocculus L. 35
Malissa altissima (Melissa officinalis L.) 446
Mentha aquatica L. 478
M. arvensis L. 70
M. crispa Benth. [Mentha aquatica L. var. crispa (L.) Benth.] 18
M. piperita L. 18, 296
M. sylvestris L. (Mentha silvestris L.) 478
Mercurialis annua L. 35, 36, 441, 475, 481
M. perennis L. 35, 36
Mesembryanthemum L. 48, 132
M. crystallinum L. 256
Mesocarpus (Mougeotia Agardh) 294, 366, 367
Microbacteria 222, 385
Micrococcus Cohn. 222, 407, 408
M. prodigiosus (Serratia marcescens Bizio) 223
Mirabilis L. 74, 75
M. hybrida Lepel. 73
M. jalappa L. 146, 147, 149
M. longiflora L. 146
Mnium (Mnium Hedwig) 365
Mochus Wurzel [Ferula sumbul (Kauffm.) Hook. fil.] 27
Mocquilea Abul. 127
Monarda didyma L. 24, 31
M. punctata L. 17, 24
Monas amyli (Protomonas amyli Haeck.) 424, 425
M. Okeni [Chromaticum okenii (Ehrenberg) Perty] 408
M. parasitica 426, 427
Monotropa hypopitys L. (Hypopitys monotropa Crantz) 19, 28, 215, 348, 375
Morchella esculenta Pers. 29
Moringa aptera Gärth. [M. peregrina (Fosk) Fiori] 20, 25
M. oleifera Lam. 20, 25
Morus alba L. 96, 127, 508
Mucorineae 55
Mucor (Mucor L.: Fr.) 55, 221, 226, 375, 400, 402
M. circinelloides Van Tiegh. 401
M. Mucedo (M. mucedo sensu Fres.) 22, 220, 393, 401, 410
M. racemosus Fres. 220, 401, 410, 412
M. spinosus (M. plumbens Bonard.) 401
M. stolonifer (Rhizopus nigricans Ehrenb.) 401
Mühlenbeckia adpressa Trin. 73
Musa L. 53, 68, 319, 320
M. Daca (M. sapientum L.) 320
M. discolor Horan. 320
M. ornata (M. rosacea Jacq.) 68
M. sapientum L. 320
M. zebrina (Musa acuminata Colla) 320
Mycetoza (Myxomycetes) 428
Mycoderma aceti [Acetabacter aceti (Kuetz.) Beijerinck.] 385, 386, 387, 403, 410, 411
M. vini Desm. 219, 382, 387, 410
Myrica cerifera L. 25, 67
Myriophyllum L. 447
Myristica moschata Thunb. (Myristica fragrans Houtt.) 25
M. otoba H. et B. 25
Myroxylon percirae Boyle 28
M. peruiferum Mut. (M. peruiferum L. f.) 24
M. toluiferum Rich. (M. peruiferum L. f.) 24, 28
Myrsiphyllum (Psychotria L.) 70
Myrtus pimenta L. (Pimenta officinalis Lindl.) 24, 54
Myxomycetes 428

Nasturtium officinale R. Br. 30
Nectria armeniaca Tul. 436
Nelumbium (Nelumbo Adans.) 490
N. speciosum (Nelumbo nucifera Gaertn.) 488—490
Neottia Guett. 374
N. Nidus avis [N. nidus-avis (L.) Rich.] 215, 348, 373, 374
Nepentheae (Nepentaceae Dumort.) 206
Nepenthes L. 212
N. ampullaria Jacq. 206
N. distillatoria L. 206, 211
N. gracilis Rorth. 206, 212
N. kennediana F. Müll. 206
N. madagascariensis Poir. 206
N. phyllamphora Willd. 206, 211
N. rafflesiana L. 211
Nephelium lappaceum L. 25
Nerium L. 496
N. oleander L. 59, 69, 97, 98, 269, 271, 272, 275—277, 279, 284

N. tinctorium Rottl. (Wrightia tinctoria R. Br.) 31
Nicotiana 35
N. glutinosa L. 35
N. macrophylla (N. tabacum L.) 35
N. rustica L. 35, 461
N. tabacum L. 27, 99, 102, 187, 303, 307, 311, 461
Nigella arvensis 74
Nigritella alpina (Satyrium alpinum Pers; Herminium alpinum Lindl.) 28
Nyctagineae (Myctaginaceae Juss.) 496
Nymphaea alba L. 86

Ochna mozambiciens (O. mossambiciens Klotz.) 136
Oedogonium tumidulum (Kuetz.) Wittr. 421
Oenotera L. 236
Oidium lactis [Oospora lactis (Fr.) Sacc.] 402
Olea europaea L. 20, 25, 117, 421, 445
Oleineae (Oleoaceae Hoffmgg. et Link) 21
Oncidium lanceanum Lindl. 16
Ophidomonas (Spirillum) sanguinea [Thiospirillum sanguineum (Ehrenberg) Winogr.] 408
Orchideae (Orchidaceae Juss.) 92, 128, 215
Orchis L. 23, 66, 375
O. fusca Jacq. (Orchis purpurea Huds.) 28
Ornithogalium arabicum L. 70
Orobanche L. 215, 348, 373, 374
O. cruenta Bert. (O. Gracilis Sm.) 373
O. epithymum DC. (O. alba Steph.) 373
O. Galii Duby (O. caryophyllaceae Sm.) 373
O. rubens Wallr. (O. lutea Baumg.) 373
Oscillaria 348, 371, 408
Oscillariae 371, 408
Oscillatoria Vauch. 236
Ostrya Scop. 508
Oxalis L. 26, 138
O. acetosella L. 26, 475
O. corniculata L. [Xantoxalis corniculata (L.) Small] 26

Padina pavonia [Padina pavanica (L.) Thivy] 88
Paeonia L. 56
Panax L. 54
Panicum turgidum Forsk. 68
Papaver L. 193
P. somniferum L. 20, 26, 32, 76, 154, 194, 509
Papilionaceae Giseke 30, 153
Parietaria erecta (P. officinalis L.) 127
P. officinalis L. 481
Parmelia Ach. 23
P. parietina [Xanthoria parietina (L.) Belt.] 30, 80, 81
Pastinaca sativa L. 19—21, 24
Pedicularis L. 214
Peganum harmala L. 34
Pelargonium sp. 453
P. capitatum Ait. 25
P. coronarius (Pelargonium sp.) 460
P. odoratissimum Willd. (P. odoratissimum Ait.) 25
P. roseum Willd. (P. roseum Hort.) 25
Penicillium Link. 220, 221, 226, 375, 391, 400, 402, 419 420
P. glaucum Link. 21, 220, 385, 389, 401, 402, 410, 411
Persica vulgaris Mill. 97
Personatae (Scrophulariales Lindl.) 92
Petunia Juss. 194
Peucedanum cervaria (L.) Lapeur. 475
P. officinale L. 39
Peziza L.: Fr. 26
Phaseolus 134, 152, 165, 167, 181, 306
Ph. multiflorus (Ph. coccineus L.) 149, 153, 158, 168, 178, 181, 194, 306, 316, 482, 509
Ph. nana (Ph. vulgaris L.) 203, 249
Ph. nanus (Ph. vulgaris L.) 300, 301, 303
Ph. vulgaris L. 21, 150, 177, 300, 305
Phenix dactylifera L. 28, 129, 144, 146
Pheosporeae (Phaeozoosporophyceae) 338
Phlomis tuberosa L. 70
Phlox docussata (Phlox sp.) 481
Pholidota Lindl. 128
Phragmites communis [Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Stend] 127
Phuladelphus L. 29
Ph. coronarius L. 460
Phycochromaceae (Cyanophyta) 336
Phycomyces nitens Kunze 393
Physalis alkekengi L. 478
Phytelephas (Phytelephas Ruiz et Pav.) 23
Phyteuma L. 22
Phytolacca decandra L. (Ph. americana L.) 26, 236
Picea A. Dietr. 18
Picraena excelsa L. (P. excelsa Lindl.) 39
Pilobolus (Pilobolus Tode: Fr.) 55, 393
P. crystallinus Tode 393
P. microsporus [P. roridus (Bolton) Pers.] 393
Pilostyles hausknechtii Bouss 444
Pimpinella Anisum L. (Anisum vulgare Gaertn.) 19
P. saxifraga L. 27
Pinguicula alpina L. 55, 206
P. lutea Mich. 206
P. vulgaris L. 55, 206

'Pinot'[5] 104
Pinus L. 18, 328
P. Abies L. [Picea abies (L.) Karst.] 24, 69
P. austriaca (P. laricio Poir.) 117
P. cembra L. 31
P. excelsa [Picea abies (L.) Karst.] 187
P. genevensis (P. sylvestris L.) 296
P. lambertiana Dougl. 21
P. maritima (P. pinaster Soland.) 87
P. Picea (Abies pectinata DC.) 117, 456
P. Pinaster Soland. 189, 456
P. pinsapo Boiss. 271
P. pumilio Haenke. 118
P. sabiniana Dougl. 17
P. strobus L. 31, 92, 187, 473
P. sylvestris L. (P. silvestris L.) 118, 374, 456, 522
Piperaceae Agardh. 496
Piper Cubeba Miq. (P. cubeba L.f.) 18
P. nigrum L. 35
Pisum L. 152
P. sativum L. 21, 90, 149, 153, 164, 167, 178, 305
Plantago L. 23, 70
P. maritima L. 61, 86
P. media L. 95
P. psyllium L. 61
Platanus orientalis L. 191
Plumbago capensis Thunb. 73
Poa annua L. 332
Podophyllus peltatum L. 33
Polygoneae (Polygonaceae L.) 90, 92
Polygonum aviculare L. 88
P. bistorta 316
P. convolvulus (L.) A. Loeve 329
P. cuspidatum (Reunoutria japonica Houtt.) 73
P. Fagopyrum (Fagopyrum esculentum Moench.) 90, 147, 244, 251, 325, 329
P. persicaria L. 440
P. tataricum (L.) Gaerth. 329
P. tinctorium L. (P. tinctorium Ait.) 31
Polyporus Fr. 428
P. sulphureus Boell. 29
Polysiphonia Grev 339
Pomaceae (Rosaceae Juss. subfam. Frunoideae Fooke) 80
Pontederia L. 484
Populus L. 31, 92, 93, 96, 318
P. alba iL. 31, 91, 279, 282
P. fastigiata (P. niger L.) 91
P. graeca Ait. (P. tremuloides Michx.) 31
P. laurifolius Ledeb. 187
P. pyramidalis [P. italica (Du Roi) Moench] 503, 522
P. tremula L. 31, 91, 97, 118, 185, 508
P. virginiana Fouger. 91
Potamogeton Luceus L. 98
P. perfoliatum (P. perfoliatus L.) 278
Potentilla L. 73
Primulaceae Vent. 91, 92
Primula auricola L. 70
P. denticulata Sm. 70
P. farinosa L. 103
P. marginata Curt. 70
P. palinuri Petagn. 70.
P. sinensis (P. sinensis Sabine ex Lindl.) 60, 351
Protococcus viridis Ag. 337
P. vulgaris (Pleurococus vulgaris Naeg.) 21
Prunella grandiflora (L.) Scholl. 330
Prunus L. 31, 61, 64, 92
P. Avium [Cerassis avium (L.) Moench] 64–66, 72
P. Cerasus (Cerasus vulgaris Mill.) 522
P. domestica L. 31, 144
P. Lauro-cerasus Loisel. (Laurocerasus officinalis M. Roen) 27, 31, 72, 144, 271, 272, 273, 282, 284, 287, 520
P. Mahaleb L. 72
P. Padus L. (Padus avium Mill.) 27, 31, 185
P. Persica (Persica vulgaris Mill.) 282
Psichohormium Kuetz. 138
Psilotum triquetrum Swartz. 69
Pteris aquilina [Pteridium aquilinum (L.) Kuhn] 72
Pterospermum Schreber. 136
Ptychotis ajowan DC. 17, 24
Pulmonaria officinalis L. 73
Punica granatum L. 184
Pyrola umbellata L. [Chimaphilla umbellata (L.) W. Bsrton] 31
Pyrus L. 92, 508
P. communis L. 31, 97
P. Malus L. (Malus domestica Bokrh.) 31, 455
P. microcarpus [Malus baccata (L.) Borkh.] 138

Quassia amara L. 39
Quercus L. 31, 59, 89, 92, 96, 271, 508
Q. cerris L. 191, 456
Q. infectoria Oliv. 29
Q. pedunculata (Q. robur L.) 61, 93, 185, 187, 486
Q. racemosa L. 21
Q. robur L. 21, 118, 119, 188, 456
Q. sessilliflora Sm. (Q. sessiliflora Blume) 21

[5] Сорт винограда Vitis vinifera L.

Quercus sp. 453
Q. suber L. 127
Q. tinctoria Mich. (Q. discolor Ait.) 31
Quillaja saponaria Molina. 80

Rafflesiaceae Dumort. 215, 375, 445
Ramalina Ach. 23
Ranunculaceae Juss. 92
Ranunculus acris L. 73
R. aquatilis [Bafrachium aquatiliis (L.) Dumort.] 98, 421
R. Ficaria (Ficaria verna Zuds.) 73
R. lingua L. 38, 93
Raphanus L. 167, 327
R. sativus L. 108, 312, 316
Ravena madagascariensis Ymel. 478
Resedaceae Gray. 92
Reseda odorata L. 39, 73
Rhamnus frangula (Frangula alnus Mill.) 80
Rheum L. 29
Rh. palmatum L. 26, 27, 103
Rh. undulatum L. 27, 329
Rhinanthaceae (Scrophulariaceae Juss.) 214
Rhinanthus L. 214
Rh. crista-galli L. 21
Rhizomorpha (Rhizomorpha Roth: Fr.) 235, 236
Rhododendron ferrugineum L. 98
Rhus cothinus L. (Cothinus coggygria Scop.) 31
R. elegans (R. glabra L.) 186
R. semialata s. R. javanica L. (R. javanica L.) 29
R. succedanea L. 25, 67
R. typhina L. 27
Ribes L. 59
R. nigrum L. 80
Richardia actnipica Kunth 461, 479
Ricinus L. 169, 469
R. communis L. 20, 30, 55, 56, 68, 72, 74, 146, 168, 453
R. insignis (Ricinus sp.) 516, 517
R. sanguineus (R. sanguineus Hort. ex Groen.) 72
Robinia L. 508
R. pseudoacacia L. 31, 138
Roccella DC. 21, 24, 28, 30
R. fuciformis Ach. (R. fuciformis DC.) 30
R. tinctoria Ach. (R. tinctoria DC.) 30
Ronabea emetica Rich. 36
Roridula dentata L. 205
R. Gorgonias Harv. (R. gorgonias Planch.) 205
Rosa L. 91, 92
R. centifolia L. 80
Rosaceae Juss. 92, 93
Rothe China[6] (Rothe Cina)
Rubiaceae Juss. 127
Rubia lucida (R. peregrina L.) 127
R. tinctorium L. 31, 39, 127
Rubus L. 59, 91, 92
R. arcticus L. 82, 87
R. idaeus L. 282
Rumex L. 26, 138, 484
R. acetosa L. 27, 329
R. obtusifolia (R. obtusifolius L.) 29, 80, 81
Ruta graveolens L. 25
Rytiphlea pinastroides Kütz. 339

Sabadilla officinalis Brandt. (Schoenocaulon officinale A. Gray; Schoenocaulon officinalis Gray) 29, 33, 145
Saccharomyces Reess 400, 402
S. apiculatus [Hanseniaspora apiculata (Reess) Zikes] 219, 382, 400
S. cerevisiae Hans. 219, 382, 383, 399, 401, 411
S. conglomeratus 219, 382
S. ellepsoideus Hans. 219, 382
S. mycoderms (Mycoderma vini Desm.) 84, 382, 383, 400
S. pastorianus Hans. 219, 382, 396
Saccharum L. 68
S. officinarum L. 21, 27, 68, 69
Sagus Rumphii Willd. [Metroxylon rumphii (Willd.) Mart.] 21
Salicornia L. 26
S. herbacea (S. herbacea L.; S. europeae L.) 16, 86
Salix L. 31, 61, 92, 318
S. alba L. 329
S. caprea L. 80, 97
S. daphnoides Will. 69
S. Forbyana Son. (S. purpurea L.) 329
S. fragilis L. 191
S. pentandra L. 31
S. praecox Hoppe (S. daphnoides Will.) 31
S. viminalis L. 329
Salsola L. 26
S. tragus L. 256
Salvia L. 23, 61, 88
S. aethiopis L. 61, 62
S. lantanifolia (S. lantanifolia Mart. et Gal.) 73
S. nutans L. 88
S. verficillata L. 88
S. virgata L. 88
Sambucus L. 31, 498
S. edulus L. 72, 73
S. nigra L. 25, 72, 97, 98
S. racemosa L. 185

[6] Медицинский термин Cinchona.

Samolus L. 88
Sanguinaria canadensis L. 32
Sapindaceae Juss. 61
Sapindus saponaria L. 24
Sargassum bacciferum [S. bacciferum (Turner) Agardh.] 95
Sarraceniae (Sarraceniaceae Dumort.) 205
Sarracenia Drummoudi Gr. 205
S. purpurea L. 205
Satureja hortensis L. 441
Satyrium alpinum Pes. 28
S. hireinum L. 25
Saxifraga L. 98
S. crassifolia [Bergenia crassifolis (L.) Firtsch.] 98
S. ligulata Wall. 461
S. sormentosa (Saxifraga sp.) 328
Scabiosa arvensis L. 93
Schizomycetes. 143, 222, 375
Scilla maritima 70
Scleranthus Annuus L. 16
Scleropoa maritima Parl. 446
Scorzonera hispanica L. 75
Scrophularineae (Scrophulariaceae Juss.) 92
Scrophularia vernalis L. 478
Secale cereale L. 68, 103
S. cornutum (Claviceps purpurea Tul.) 36, 420
Sedum L. 98, 482
S. cotyledon (S. cotyledon Boiss. et Heldr.) 193
S. reflexum L. 90, 188
Selaginella denticulata (L.) Link. 314
S. inaequifolia 69
S. Mertensii 69
Semen Cynae s. Santonici 40
Sempervivum L. 98, 132
S. spathulatum (S. barbatum C. Sm.) 193
S. tectorum L. 24, 188, 193
Senecio jacobaea L. 16, 82
S. vulgaris L. 16, 86
Setaria setosa Beauw. 83
Silene Cucubalus [S. vulgatis (Moench) Garcke] 136
S. pendula L. 330
Silybum Marianum [S. marianum (L.) Gartn.] 510
Sinapis alba L. 30, 35
S. arvensis L. 82
S. nigra L. [S. nigra (L.) Koch] 20, 30, 35
Siphonia brasilensis Wild. (Hevea brasilensis Muell. Arg.) 18
S. elastica Pers. (Hevea guianensis Aube.) 18, 76
Siringa vulgaris L. 80, 97
Soja hispida [Glycine max (L.) Merr.] 138, 460
Solaneae (Solanaceae Juss.) 29, 92, 496
Solanum dulcamara L. 34, 35
S. lycopersicum (Lycopersicum esculentum L.) 441
S. mammosum L. 35
S. nigrum L. 35, 509
S. tuberosum L. 21, 35, 149, 510
S. verbascifolium L. 35
Sophora japonica [Staphonolobium japonicum (L.) Schott] 67
Sorbus aucuparia L. 21, 27, 31, 36, 185, 522
S. latifolia L. (S. latifolia Pers.) 31
S. torminalis (L.) Crantz. 119, 138
Sordaria decipiens Wint. 393
S. fimiseda (Podospora fimicola Ces.) 393
Sorghum saccharatum Pers. [S. saccharatum (L.) Moehn] 21
Spargana ramosum (Sparganium erectum L.) 316, 480
Spartium scoparium L.) [Sarothamnus scoparius (L.) Vimm.] 31, 35
Spermacoce L. 236
Sphaerobacteria 222
Sphaerococcus Lichenoides Ag. 23
Sphagnum palustre L. 88
Spinacia L. 354
S. oleracea L. 26, 124
Spiraeacea (Rosaceae Juss. subfam. Spiraeoifeae Agardh.) 31
Spiraea digitata W. [Filipendula palmata (Pall.) Maxim.] 28
S. filipendula L. (Filipendula vulgaris Moench) 28
S. lobata Marr. (S. lobata Jacd.) 28
S. opulifolia [Physocarpus opulifolia (L.) Maxim.] 185, 187
Spuaeria 26
S. salicifolia L. 185
S. sorbifolia [Sorbaria . sorbifolia (L.) A. Br.] 185
S. Ulmaria L. [Filipendula ulmaria (L.) Maxim.] 27, 28, 46
Spirillum (Spirillum Ehrenberg) 222
S. tenue (S. tenue Ehrenberg) 224
S. volutans (S. volutans Ehrenberg) 224
Spirobacteria 222
Spirochaete (Spirochaeta Ehrenbrg) 222
Spirogyra (Spirogyra Link; Spirogyra L.) 26, 132, 294, 311–315, 336, 362, 426–428
S. quinina 421
Sporobulus indicus [S. fertilis (Steud.) Clauton] 83
Spyridia 132
Stachys palustris L. 70
S. sylvatica L. (S. silvatica L.) 478
Stanhopea (Stanhopea Frost ex Hook.) 128
Stapelia variegata L.
Stellaria holostea L. 73
S. media (L.) Vill. 332

Stenotaphrum glaucum (Stenotyphrum sp.) 496
Stigeoclonium stellaris 337
Stillingia sebifera Mich. [Sapium sebiferum (L.) Roxb.] 25
Strelitzia Ait. 68, 319, 320
S. ovata (S. reginae Banks) 68, 69, 320
Strychnos L. 32, 436
S. colubrina L. (L. nux-vomica L.) 32
S. Ignatii Berg. (S. ignatii Berg.) 32
S. nux-vomica L. 32, 145
S. tieute Lesch. 32
Stylidae 22
Styrax Benzoin Dry. (Styrax bensoin Dry.) 27, 28
Sumbul [Ferula sumbul (Kauffm.) Hook. Hil.] 27
Synanthereae (Compositae Giseke) 22
Symphytum L. 23
Syringa L. 462
S. vulgaris L. 185, 186, 191, 486, 503

Tamarindus indica L. 24
Tanacetum vulgare L. 24
Taraxacum officinale Wigg. 21
Taxus L. 132, 328, 476
T. baccata L. 69, 526
Tectonia grandis L. f. 138
Terminalia catappa L. 70
Thalictrum L. 88
Th. aquilegifolium L. 88
Th. foetidum L. 88
Thea chinensis Sims. (Th. sinensis L.) 28, 36
Theobroma L. 54
Th. cacao L. 20, 35, 89, 144
Thlaspi alpestre L. 89
Th. arvense L. 89
Thuja L. 328
Th. occidentalis L. 68, 328, 329
Th. plicata Donn. 328
Thymus vulgaris L. 17, 24
Tilia L. 89
T. europaea L. 97, 421, 503
T. parvifolia (T. cordata Mill.) 185, 460
T. sylvestris (T. cordata Mill.) 73
Tillandsia splendeus Brongn. 478
Torula ammoniacale (Acetobacter sp.) 404
Tradescantia Selloi (T. elongata G. F.) 134, 469
T. virginica L. (T. virginiana L.) 38, 53, 131
Tragopogon porrifolius L. 320
Trapa natans L. 82, 83, 85, 87
Tricuspis sesleriodes Toor. 83
Trifolium L. 182, 331
T. incarnatum L. 93
T. pratensis (T. pratense L.) 73, 93, 103, 251, 255, 316
Tripsacum dactyloides (T. dactiloides L.) 83
Triticum junceum [Agropyron junceum (L.) Beauv.] 446
T. vulgare (T. durum Desf.) 149, 303, 305
Tropaeolum L. 68, 193
T. majus L. 30, 175, 194, 236, 311
T. nanum (Tropaeolum sp.) 316
Tuber cibarium (T. aestirum Vitt.) 84
Tulipa L. 193
Turritis glabra L. 35
Tussilago farfara L. 16, 82, 124
Typha L. 484
T. latifolia L. 275, 276, 280, 285, 316
T. stenophylla Fisch. et Mey. 316

Ulmus L. 92
U. campestris (U. carpinifolia Rupp. ex Suckow) 97, 127, 138, 256, 460
U. effusa (U. pedunculata Fouger.) 185
L. montana With. 119, 138
Ulva intestinalis L. [Enteromorpha intestinalis (L.) Link] 16
Umbelliferae Juss. 21, 73, 92
Urceola elastica Roxb. 18
Urostigma elasticum 131
Urtica I. 124, 127
U. dioica L. 85, 478
U. macrophylla (U. calophylla Sclecht.) 135, 137
U. urens L. 24, 55, 478, 509
Urticaceae Juss. 134
Usnea barbata (L.) Hoffm. 88
Utricularia L. 212, 213
U. gibba Gron. (U. gibba L.) 206
U. intermedia Hayn. 206
U. minor L. 206
U. negleota Lehm. (U. major Schm.) 206
U. subulata L. 206
U. vulgaris L. 55, 206, 212

Vaccinium myrtillus L. 28
Vahea gummifera Par. (Urceola elastica Roxm.) 18
Valeriana officinalis L. 25
V. scandens Loef. 70
Vanilla aromatica Sw. [V. fragrans (Salisb.) Ames] 27
V. planifolia Andr. 28
Variolaria (Pertusaria DC.) 30
V. amara Ach. (Pertusaria amara Nye.) 40
Vaucheria DC. 11, 12, 26, 362, 366—368, 421
V. sericea Lyndb. [V. ornitocephala C. Ag. f. polysperma (Hassal) Heering] 319
V. sessilis DC. 53, 319
V. tuberosa A. Br. [Dichotomosiphon tuberosus (E. Br.) Erust] 319

Veratrum album Bernh. (V. album L.) 33, 79
V. lobelianum Bernh. 33
V. sabadilla Retz. 79
V. viride Ait. 33
Veronica arvensis L. 98
V. Lindleyana (V. salicifolia Forst.) 481
V. speciosa R. Cunn. 194, 204
Vibrio 222
V. serpens [Spirillum serpens (Mueller) Winter] 224
Viburnum opulus L. 25
Vicia L. 30, 145, 149, 152, 181
V. cracca L. 185
V. faba L. (Faba bona Medik.) 73, 153, 177, 181, 242, 305, 369
V. Faba major (Faba bona Medik.) 335
V. narbonensis L. 242
V. sativa L. 73, 74, 153, 244
V. sepium L. 185
Vinca L. 72
Viola odorata L. 73
V. suava (V. suavis Bieb.) 316
V. tricolor calaminaria (V. tricolor L.) 89
Viscum L. 373, 442
V. album L. 214, 271, 373
V. oxycedri 44
Vitis L. 59, 318, 368, 455, 462, 508
V. sylvestris L. (V. silvestris L.) 27
V. vinifera (Barbera) (V. vinifera L.) 92, 103, 184, 316, 508
Volvocineae (Volvocales) 371

Welwitschia Hook 132
W. mirabilis Hook. 133

Xanthium spinosum L. 16
Xanthoriza apiifolia Herit. (Xanthoriza apiifolia L'Herit.) 33
Xanthoxylum clava-herculus L. 33
Xeranthemum bracteatum (Helichrysum bracteatum Andr.) 455

Zea Mays L. (Zea mays L.) 21, 104, 146, 147, 181, 182, 192, 203, 251, 303, 445, 479
Zostera L. 88, 93
Z. marina L. 95
Zygnema (Zygnema Agardh) 294

A. S. Famintsyn

METABOLISM AND ENERGY TRANSFORMATION IN PLANTS

SYNOPSIS

A comprehensive monograph «Metabolism and Energy Transformation in Plants» appeared in 1883 in Saint Petersburg. Its author was the outstanding plant physiologist and biochemist academician A. S. Famintsyn, the founder of Russian plant physiology and biochemistry andof the Institute of Plant Physiology of the Academy of Sciences. This investigation became the basis of the «Textbook of Plant Physiology» (1887) which in turn served as a prototype for all subsequent courses of studies in this science in the Russian language.

The physiological and biochemical literature of the time was (almost) completely analyzed in Famintsyn's monograph which included 1000 papers in the periodical literature and over 500 monographic works. Of course, like any other fundamental scientific investigation the level and language of the book reflects its time. Not all in the book has retained its significance. Some points were erroneous, some things we would regard as archaic but some statements which were overlooked now evoke new interest. Much of what was written was unknown to plant physiologists of those days. Present day phytophysiologists will easily discern all these aspects.

Underlying the monograph is the concept of biochemical unity of the whole organic world — plants, animals and fungi. On discussing the purely physiological problem, Famintsyn does not speak about the common origin of plant and animal organisms. However, the general outlook of the author, his Darwinistic viewpoint are such that it is quite clear that such unity is implied. The history of this problem and its development are extensively considered in the monograph (in the case of plants) and a great amount of factual material is presented to demonstrate the unity of metabolic processes in the organic world.

Famintsyn regarded all functions of an organism as being links in a single chain, and he clearly understood the relation between the various metabolic processes. He strove to give a complete physiological characteristic of the development of plants and to show the dependence of the development on the conditions of the environment and, as much as possible, to study the individual processes (respiration, nutrition, enzymatic processes) not only from the viewpoint of their interdependence but also from the viewpoint of their variation and development. Thus the processes of synthesis of organic substances, according to the author of the monograph, possess not only a chemical aspect but also a dynamic one. Thus, for example, light energy is transformed mainly into chemical (potential) energy but partly also into mechanical work.

The results of investigations carried out by Famintsyn himself are pre-

sented in some detail. The discovery of photosynthesis under artificial illumination, the dependence of photosynthesis on the intensity and spectral composition of the light, the physical state of chlorophyll and other pigments, phototaxis and greening, the relation between photosynthesis and carbohydrate and nitrogen metabolism during respiration, the physiology of seed germination, the mechanisms of water uptake and excretion, of respiration and fermentation, of growth and movement of plants and the physiology of algae and diseased plant — these are only some of the investigations in plant physiology which served as a basis of modern lines of study.

The scientific interests of the author of the monograph were not confined to plant physiology. He had a keen interest in various biological problems. According to the experts some of his work in anatomy, histology, embryology, algology, lichenology, mycology and microbiology have not lost their significance up to the present.

Later generations highly valued the fundamental work of Famintsyn. Thus, in 1947 academician Maksimov wrote: «Metabolism and Energy Transformation in Plants» is the first original critical review of world literature on chemical plant physiology in Russian and for a long time was the principal source of information in this firld for several generations of Russian botanists».

The appearance of Famintsyn's monograph demonstrated the maturity of Russian plant physiology which during the second half of the ninteenth century became an independent field of scientific endeavor with its specific problems, approaches and concepts.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора 7

Предисловие 9

ВВЕДЕНИЕ 10

Глава первая

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАСТЕНИЙ 15

I. Органические соединения в растениях 17

А. Перечисление органических составных частей растений 17

Углеводороды 17

Камфоры 18

Алкоголи и ближайшие их производные 19

Кислоты 24

Глюкозиды 30

Глюкозиды ароматической группы 31

Щелочи 32

Алкалоиды опиума 32

Алкалоиды Chelidonium 32

Алкалоиды Strychnos 32

Алкалоиды Cinchona 33

Алкалоиды Veratrum 33

Алкалоиды Berberis 33

Индифферентные тела 36

Красящие и горькие вещества 39

Б. Распределение органических соединений в растениях 40

Распределение органических соединений в клетке 50

Распределение органических соединений по тканям растений . . . 58

II. Неорганические составные части растений 81

Состав золы цельных растений 90

Состав золы органов растений 96

Состав золы растения и его органов в разные стадии развития . . . 120

Глава вторая

ПИТАНИЕ РАСТЕНИЙ ОРГАНИЧЕСКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ 141

I. Прорастание цветковых растений 143

А. Состав семян и химические превращения, сопровождающие прорастание 144

Состав семян 144
Разрастание зародыша и частей его на счет запасного материала . . 145
Аморфные ферменты и вызываемые ими превращения 147
Прорастание в темноте 155
Прорастание на свету 164

Б. Обмен газов растений при прорастании с окружающей средой (дыхание проростков) 171

II. Питание листоносных побегов, ветвей и ствола 183

III. Питание цветов и плодов 193

IV. Питание луковиц, клубней и корней 200
V. Питание насекомоядных и зеленых паразитных растений 204
Питание насекомоядных растений 205
Питание зеленых паразитных растений 214

VI. Питание бесцветных (лишенных зеленой краски) растений 214
Питание цветковых растений, лишенных хлорофилла 215
Питание грибов 215

Глава третья

СИНТЕЗ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ В РАСТЕНИЯХ 239

I. Синтез органических соединений в растениях, снабженных хлорофиллом 240

А. Определение необходимых составных частей пищи и участия корней и листьев в принятии сырой пищи 241
Участие корней в принятии сырой пищи 241
Выращивание растений в твердой искусственной почве 244
Водная культура 247
Влияние концентрации раствора на развитие растений 254
Исследование роли каждой из составных частей раствора солей в питании растений 255
Участие листьев в принятии сырой пищи 265
Усвоение листьями углекислоты 266
Усвоение листьями кислорода, азота и аммиака из атмосферы . . 295

Б. О синтезе органических соединений в растениях из минеральных составных частей сырой пищи 309
Реакции, происходящие только в присутствии света 310
Синтез крахмала 310
Синтез маслообразных жирных тел на свету 319
Образование и разрушение хлорофилла и некоторых других пигментов в зависимости от света 321
Попытки заменить углекислоту в питании хлорофиллоносных растений другими источниками углерода 331
Реакции синтеза органических соединений в растениях, происходящие без содействия света 334
Питание водорослей 335

Зеленые водоросли 336
Питание багрянок 338

В. Об источнике энергии, заимствуемой растениями извне, для построения органических соединений и для других жизненных отправлений 339
Химические реакции, вызываемые солнечной энергией в растениях 346
Механические действия солнечной энергии на растения 364
Перемещения зерен хлорофилла под влиянием света 365
Передвижение органов растений от света 367
Перемещение от света зооспор и некоторых подвижных форм водорослей (Oscillarieae, Diatomaceae, Desmidiaceae, Volvocineae) . . 371

Синтез органических соединений в насекомоядных растениях и зеленых цветковых паразитах и сапрофитах 372

II. Синтез органических соединений в растениях, лишенных хлорофилла 375
Грибы 375
Бродильные грибки 377
Плесни 384
Бактерии 385
Смешанные культуры 387
Влияние света на развитие (питание) грибов 392
Изменения, вызываемые простейшими грибами в субстратах, служащих для их развития 394
Спиртовое брожение 395
Галловое брожение 402
Уксусное брожение 403
Аммиачное брожение 403
Молочное брожение 404
Масляное брожение 405
Селитряное брожение 409
Теория брожений (и гниения) 412
Обмен газов, сопровождающий питание грибов и брожение 418

Глава четвертая

ОБМЕН ГАЗООБРАЗНЫХ, ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ ТЕЛ МЕЖДУ РАСТЕНИЯМИ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ И ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ИХ ПО РАСТЕНИЮ 424

I. Обмен веществ между растениями и окружающей средой 424
Обмен веществ между голою плазмою и окружающей средой . . . 424
Обмен веществ клетки, снабженной оболочкой, с окружающей средой 429
Обмен веществ между высшими растениями и окружающею средою 439
Обмен веществ корнями 439
Обмен веществ листьями 445
Пути обмена газов и воды между растениями и атмосферой . . 445
Выделение и поглощение воды воздушными частями растений . . 450
Выделение воды воздушными частями растений в капельно-жидком виде 476
Всасывание воды листьями 480

II. Передвижение по растениям газообразных, жидких и твердых тел 483
Передвижение газов в растениях 483

Передвижение жидких и твердых тел по растению 491
Передвижения жидких и твердых тел, неразрывно связанные с жизненными отправлениями растений и обусловленные причинами, кроющимися внутри растения 492
Исследования над передвижением веществ при прорастании . . 492
Перемещение по растению выработанного листьями запасного материала в места потребления или временного отложения 493
Исследования путей передвижения пластического сока из листьев посредством вырезывания определенных тканей растений . . . 494
Передвижение зимнего запасного материала в нарастающие весенние побеги 502
О плаче растений 505
Измерение количества вытекающей пасоки и силы, с которою она выделяется из растений 506
Передвижение почвенного раствора в растениях под влиянием испарения воды 517

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 528

Литература 547

А. С. Фаминцын и современная физиология растений. А. Ф. Клешнин, Б. П. Строгонов 582

Комментарии 590

Работы А. С. Фаминцына 599

Работы о А. С. Фаминцыне 609

Именной указатель 611

Указатель растений 617

A. S. Famintsyn
Metabolism and energy transformation in plants: Synopsis 632

Научное издание

Фаминцын Андрей Сергеевич

Обмен веществ
и превращение энергии
в растениях

Утверждено к печати
Редакционной коллегией
серии «Классики науки»

Редактор издательства *Л. К. Соколова*
Художественный редактор *В. В. Алексеев*
Технический редактор *И. Н. Жмуркина*
Корректоры *Е. Н. Белоусова, Р. З. Землянская*

ИБ № 39788

Сдано в набор 15.12.88. Подписано к печати 04.04.89
Формат 70×90[1]/16. Бумага типографская № 1
Гарнитура обыкновенная. Печать высокая
Усл. печ. л. 46,95. Усл. кр. отт. 48,12. Уч.-изд. л. 52
Тираж 950 экз. Тип. зак. 2411
Цена 10 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва В-485,
Профсоюзная ул., 90

2-я типография издательства «Наука»
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НАУКА» готовятся к печати:

Овчинников Ю. А.

ХИМИЯ ЖИЗНИ: ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ

9 р.

В книге представлены основные научные работы, научно-популярные и публицистические статьи и доклады академика Ю А Овчинникова, лауреата Ленинской и Государственной премий СССР. С его именем связано становление и развитие в СССР физико-химической биологии и биотехнологии Большое внимание Ю. А Овчинников уделял вопросам практического применения достижений химии и биологии, работам по созданию отечественных интерферонов, инсулина и других медицинских препаратов.
Для биофизиков, биохимиков, молекулярных биологов

Шамин А. Н.

ИСТОРИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ: ИСТОКИ НАУКИ

5 р.

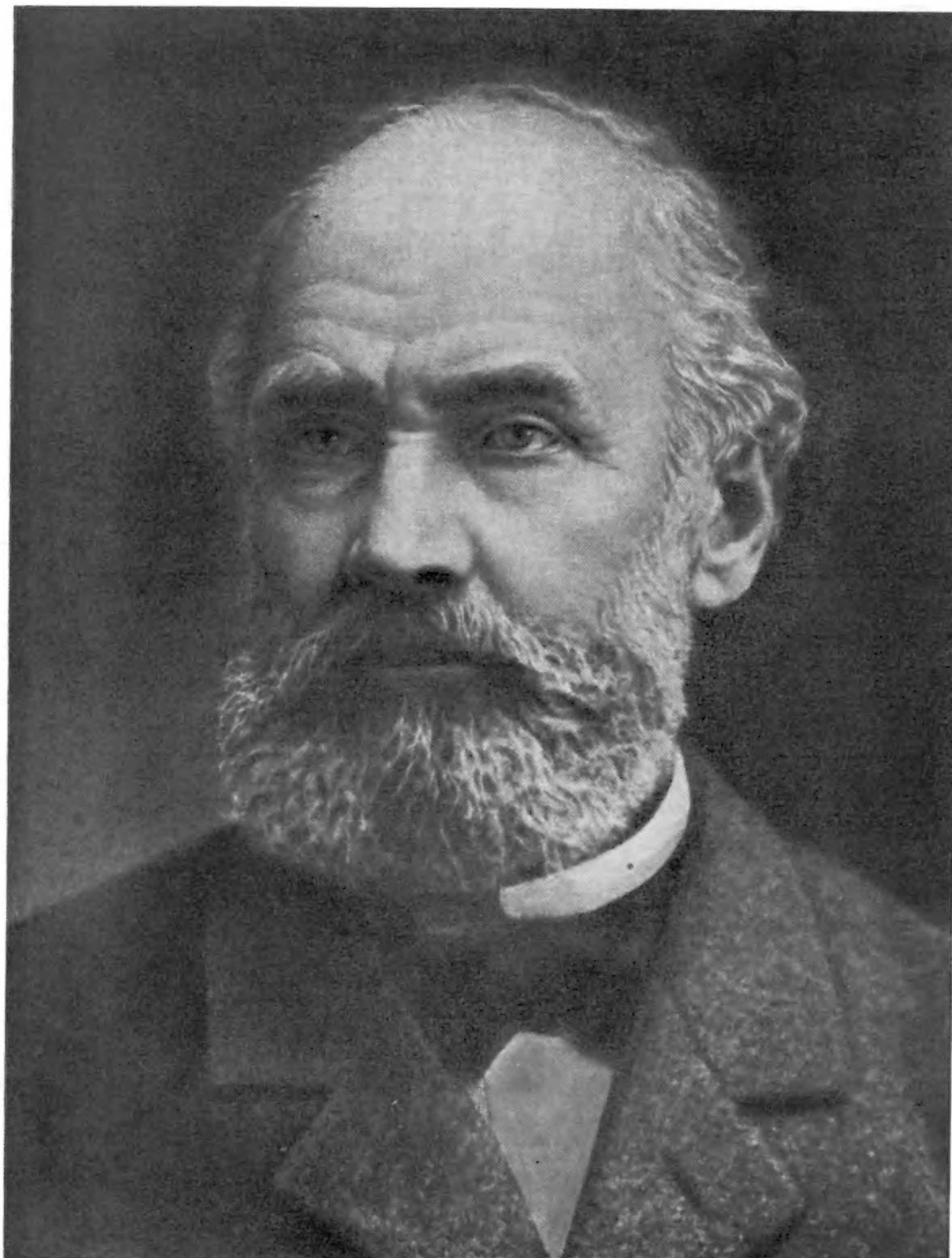
Книга посвящена истории развития биологической химии, появившейся на стыке наук – химии, биологии и медицины. В ней впервые систематически изложены основные этапы использования химического эксперимента для изучения биологических объектов. Специальный очерк посвящен истории возникновения биохимии в России, первым работам и учебникам в этой области, а также научным учреждениям, где были начаты биохимические исследования.
Для историков науки, биологов и химиков.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:

117192 Москва, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»; 197345 Ленинград, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайший магазин «Академкнига», имеющий отдел «Книга — почтой».

Адреса магазинов «Академкнига»:

480091 **Алма-Ата**, ул. Фурманова, 91/97 («Книга — почтой»);
370001 **Баку**, ул. Коммунистическая, 51 («Книга — почтой»);
232600 **Вильнюс**, ул. Университето, 4;
690088 **Владивосток**, Океанский проспект, 140 («Книга — почтой»);
320093 **Днепропетровск**, проспект Гагарина, 24 («Книга — почтой»);
734001 **Душанбе**, проспект Ленина, 95 («Книга — почтой»);
375002 **Ереван**, ул. Туманяна, 31;
664033 **Иркутск**, ул. Лермонтова, 289 («Книга — почтой»);
420043 **Казань**, ул. Достоевского, 53 («Книга — почтой»);
252030 **Киев**, ул. Ленина, 42;
252142 **Киев**, проспект Вернадского 79;
252030 **Киев**, ул. Пирогова, 2;
252030 **Киев**, ул. Пирогова, 4 («Книга — почтой»);
277012 **Кишинев**, проспект Ленина, 148 («Книга — почтой»);
343900 **Краматорск** Донецкой обл., ул. Марата, 1 («Книга — почтой»);
660049 **Красноярск**, проспект Мира, 84;
443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2 («Книга — почтой»);
191104 **Ленинград**, Литейный проспект, 57;
199164 **Ленинград** Таможенный пер. 2;
196034 **Ленинград**, В/О, 9 линия, 16;
197345 **Ленинград**, Петрозаводская ул., 7 («Книга — почтой»);
194064 **Ленинград**, Тихорецкий проспект, 4;
220012 **Минск**, Ленинский проспект, 72 («Книга — почтой»);
103009 **Москва**, ул. Горького, 19а;
117312 **Москва**, ул. Вавилова, 55/7;
117192 **Москва**, Мичуринский проспект, 12 («Книга — почтой»);
630076 **Новосибирск**, Красный проспект, 51;
630090 **Новосибирск**, Морской проспект, 22 (Книга — почтой»);
142284 **Протвино** Московской обл., ул. Победы, 8;
142292 **Пущино** Московской обл., МР, «В», 1 («Книга — почтой»);
620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137 («Книга — почтой»);
700000 **Ташкент**, ул. Ю. Фучика, 1;
700029 **Ташкент**, ул. Ленина, 73;
700070 **Ташкент**, ул. Шота Руставели, 43;
700185 **Ташкент**, ул. Дружбы народов, 6 («Книга — почтой»);
634050 **Томск**, наб. реки Ушайки, 18;
634050 **Томск**, Академический проспект, 5;
450059 **Уфа**, ул. Р. Зорге, 10 («Книга — почтой»);
450025 **Уфа**, ул. Коммунистическая, 49;
720000 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42 («Книга — почтой»);
310078 **Харьков**, ул. Чернышевского, 87 («Книга — почтой»).



Андрей Сергеевич
ФАМИНЦЫН
(1835—1918)

А.С.
ФАМИНЦЫН

ОБМЕН
ВЕЩЕСТВ
В
РАСТЕНИЯХ.



10 р. 80 к.